



A problemática das cochonilhas-algodão em cultura protegida de hortícolas na região Oeste

David Vicente Power Canário

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Agronómica - Horto-fruticultura e Viticultura

Orientadores: Doutor José Carlos Franco Santos Silva

Doutora Elisabete Tavares Lacerda de Figueiredo Oliveira

Júri:

Presidente: Doutora Maria José Antão Pais de Almeida Cerejeira, Professora Associada
com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Vogais: Doutor António Maria Marques Mexia, Professor Catedrático do Instituto Superior de
Agronomia da Universidade de Lisboa

Doutor José Carlos Franco Santos Silva, Professor Auxiliar do Instituto Superior de
Agronomia da Universidade de Lisboa

Agradecimentos

Trabalho financiado por:

1. ProDeR medida 4.1. , Cooperação para a inovação, PA 46221, “Novo processo produtivo associado ao combate das principais pragas com melhoria na qualidade do produto final e na gestão dos recursos naturais, gestão de largadas de auxiliares comerciais e acção de limitação natural (Proder Largadas)”
2. CEF: UID/AGR/00239/2013
3. LEAF: AGRO/04129

Gostaria de agradecer:

Aos vários investigadores, produtores e professores que se corresponderam comigo, fornecendo informações úteis acerca da importância que as cochonilhas-algodão tinham na produção de hortícolas em cultura protegida nos seus países.

À Engenheira Teresa Vasconcelos por me ter auxiliado na identificação das infestantes recolhidas nas saídas de campo.

Ao Engenheiro Ricardo Vicente (da Associação Interprofissional de Horticultura do Oeste Lda.), ao Engenheiro João Loureiro (da Frutas Patrícia Pilar Lda.), à Engenheira Carla Miranda (da Hortorres Lda.) e à Engenheira Sofia Rodrigues (da Carmo e Silvério Lda.) por me terem auxiliado durante a realização dos inquéritos, por me terem indicado os produtores que já tinham tido problemas com cochonilhas-algodão e por me terem dado um enquadramento acerca da produção de hortícolas em cultura protegida na região Oeste.

Aos produtores Sr. José Firmino e Sr. Paulo Gomes por terem cooperado comigo com à-vontade através da disponibilização de informação relevante a este trabalho e me terem permitido a realização dos ensaios de monitorização de cochonilhas-algodão nas suas explorações.

Ao Engenheiro José Entrudo Fernandes, Engenheiro Celestino Soares, Senhor Artur Rodrigues, Senhora Nídia e Engenheira Maria do Céu da Direção Regional de Agricultura do Algarve por me terem disponibilizado um local onde pudesse realizar o meu ensaio de espectroscopia ótica e por me terem auxiliado durante o trabalho e por terem revelado ter curiosidade em saber o resultado da experiência.

À Engenheira Joana Martins, Engenheira Elsa Borges da Silva e Dona Teresa pela companhia e auxílio durante as várias saídas de campo efetuadas para amostragem de cochonilhas-algodão na região Oeste, assim como, pelo apoio e momentos de alegria ao longo do meu trabalho.

À Engenheira Vera Zina por ter disponibilizado o seu tempo e entusiasmo para me ensinar a preparar, recolher e identificar cochonilhas-algodão e himenópteros, e por me ter auxiliado sempre que precisava de ajuda ao longo do meu trabalho.

Aos professores Natália Marques e Rui Guerra por me terem permitido incluir no meu trabalho uma parte acerca da espectroscopia ótica, sendo que gostaria de deixar um especial obrigado ao último, por ter tido a disponibilidade e a vontade de realizar um ensaio de espectroscopia com cochonilhas-algodão, por ter colaborado comigo ao longo de todos os momentos do ensaio e por ter realizado a posterior análise dos dados espectrais.

À professora Elisabete Figueiredo pelos ensinamentos e auxílio durante as saídas de campo e pela sua disponibilidade em ajudar-me ao longo do trabalho.

Ao professor José Carlos Franco pelos ensinamentos, por me ter motivado a fazer este trabalho e pela sua disposição em discuti-lo ou ter uma simples conversa.

Aos meus amigos e colegas do ISA que me acompanharam ao longo desta etapa da minha vida e com os quais partilhei memórias que certamente não esquecerei e com os quais espero manter o contacto por muitos mais anos.

À Inês por me ter motivado e apoiado sempre de uma forma positiva e por ter sido a minha melhor amiga durante os últimos 5 anos.

Aos meus irmãos, avôs, tios e primos por terem estado presentes e por me terem motivado ao longo do meu percurso.

Por último, aos meus pais por me terem apoiado e inspirado ao longo da minha vida, dando-me a oportunidade de prosseguir os meus estudos e de me tornar na pessoa que sou hoje.

"Be the change you wish to see in the world" - Mahatma Gandhi

Resumo

As cochonilhas-algodão são uma praga importante para a Horticultura a nível mundial, uma vez que afetam muitas culturas comercialmente relevantes e são de difícil combate. O recente incremento da sua importância em culturas horticolas, especialmente cultura protegida de solanáceas nos países da Bacia Mediterrânica conduziu a que no Oeste, a principal região produtora de hortícolas em ambiente protegido em Portugal, fosse realizado o presente estudo, com o objetivo de avaliar o impacto desta praga para os produtores e identificar as principais espécies de cochonilhas-algodão presentes, a sua distribuição espacial e temporal no interior das estufas, os principais hospedeiros e se existem agentes biológicos a limitar a sua presença. Simultaneamente foi realizado um ensaio de espectroscopia ótica no Algarve, ao ar livre, com tomateiros infestados com a cochonilha-algodão *Pseudococcus viburni* (Signoret), com o objetivo de verificar se esta técnica poderia facilitar a deteção precoce de infestações. Verificou-se que 16% dos produtores, predominantemente de tomate em cultura protegida, inquiridos na região Oeste já tinham sido afetados pelas cochonilhas-algodão. As principais espécies identificadas, através de prospeções realizadas na região, foram *P. viburni* e *Phenacoccus madeirensis* Green. O estudo da distribuição espacial das cochonilhas-algodão mostrou existir um padrão de distribuição agregado e concentrado junto às paredes laterais. Foram identificadas (a confirmar) duas espécies de parasitóide nas regiões Oeste e no Algarve, respetivamente, *Anagyrus amnestos* Rameshkumar, Noyes e Poorani, e *Leptomastix algerica* Trjapitzin. A utilização da técnica de espectroscopia ótica mostrou ter potencial para detetar precocemente a cochonilha-algodão *P. viburni*, uma vez que as folhas infestadas tenderam a ter menor refletância na região do infravermelho próximo (800-1000nm) comparativamente a folhas saudáveis.

Palavras-chave: cochonilhas; *Pseudococcidae*; tomateiro; estimativa do risco; espectroscopia ótica

Abstract

Mealybugs are important pests for Horticulture worldwide, as they affect many commercially important crops and are difficult to control. Their recent increase in importance in horticultural crops, especially solanaceous vegetables produced in protected environment in countries of the Mediterranean basin led to the present study in the Oeste region, the main Portuguese region for production of vegetables in greenhouses. The objectives were to determine mealybug pest status, to identify the main species present, to study their spatial and temporal distribution inside greenhouses, the main hosts and whether there are any biological agents limiting their presence. Simultaneously an optical spectroscopy field experiment was conducted in the Algarve with *Pseudococcus viburni* (Signoret) infested tomato plants, aimed at testing whether this technique could potentially detect early infestations. The results of the survey showed that 16% of farmers, dedicated predominantly to tomato production under protected environment, in the Oeste region had already been affected by mealybugs. The main species identified in the region, in this type of production, were *P. viburni* and *Phenacoccus madeirensis* Green. The mealybugs' distribution inside studied greenhouses was aggregated and concentrated along their sidewalls. Two parasitoids were identified in the Oeste and Algarve regions, respectively *Anagyrus amnestos* Rameshkumar, Noyes and Poorani and *Leptomastix algerica* Trjapitzin (identification to be confirmed). It was shown that the optical spectroscopy technique has potential to detect early-stages of the mealybug *P. viburni* infestations, as infested leaves tended to have a lower leaf reflectance in the near infrared region (800-1000nm) compared to healthy leaves.

Key words: scale insects; Pseudococcidae; tomato; risk assessment; optical spectroscopy

Índice geral

Lista de quadros, figuras e abreviaturas

1.	Introdução.....	1
2.	As culturas protegidas	3
2.1.	A importância das culturas protegidas no mundo e em Portugal.....	3
2.1.1.	As culturas protegidas na região Oeste	4
2.1.2.	Proteção integrada na cultura do tomate na região Oeste	7
3.	As cochonilhas-algodão	8
3.1.	Posição sistemática	8
3.2.	Ciclo de vida	9
3.3.	Cochonilhas-algodão referenciadas em culturas hortícolas	10
3.3.1.	Produção em cultura protegida	10
3.3.2.	Produção ao ar livre	13
3.4.	Estragos e dispersão das cochonilhas-algodão.....	21
3.5.	Medidas profiláticas e meios de proteção diretos	22
4.	Agricultura de precisão	24
4.1.	Espectroscopia de refletância	24
5.	Materiais e métodos	26
5.1.	As cochonilhas-algodão em culturas protegidas no Oeste	26
5.1.1.	Inquéritos	26
5.1.2.	Prospecção.....	26
5.1.3.	Monitorização da dinâmica de infestação na cultura do tomate em estufa	27
5.1.4.	Padrão de distribuição espacial na cultura de tomate em estufa.....	28
5.2.	Emergência de parasitóides	29
5.3.	Preparação microscópica e identificação das espécies de cochonilhas-algodão	29
5.4.	Medição da refletância de folhas de tomateiro.....	30
5.4.1.	Planeamento do ensaio	30
5.4.1.	Medição da refletância	31
5.5.	Análise das medições da refletância de folhas de tomateiros	33
6.	Resultados.....	35

6.1.	Inquéritos aos produtores.....	35
6.2.	Prospeções.....	38
6.3.	Monitorização de cochonilhas-algodão na cultura do tomate em estufa	42
6.3.1.	Evolução fenológica, temperatura e humidade relativa	42
6.3.2.	Dinâmica de infestação	43
6.3.3.	Padrão de distribuição espacial.....	46
6.4.	Medição da refletância de folhas de tomateiro.....	48
7.	Discussão	51
8.	Conclusão.....	60
9.	Referências bibliográficas	61

Anexos

Índice de quadros

Quadro 1 - Evolução da área (ha) dedicada a estufas e túneis altos, túneis baixos e cobertura do solo com plástico no mundo, entre 1995 e 2010	3
Quadro 2 - Evolução da área de produção (ha) de culturas protegidas em Portugal.....	3
Quadro 3 - Espécies de cochonilhas-algodão (Hemiptera, Pseudococcidae) identificadas em culturas hortícolas protegidas na região Oeste.	12
Quadro 4 - Ocorrências de cochonilhas-algodão e sua importância em hortícolas a nível mundial. ..	16
Quadro 5 - Resultados das prospeções de cochonilhas-algodão realizadas ao longo de 2015 na região Oeste.	40
Quadro 6 - Resultados da análise de regressão para estimar os parâmetros do modelo da lei da potência de Taylor.	47
Quadro 7 - Conjunto de fotografias das possíveis causas da permanência e disseminação das cochonilhas-algodão nas estufas prospetadas.	52

Índice de figuras

Figura 1 - Fêmea adulta de <i>Pseudococcus viburni</i> em folha de tomateiro	1
Figura 2 - Mapa com a área total (ha) de produção intensiva de hortícolas em estufas/abrigos altos, por freguesia, na principal zona de produção da região Oeste (INE, 2009).	4
Figura 3 - Estufa com módulos múltiplos do tipo capela, com armação em madeira de eucalipto, e estufa com módulos múltiplos com cobertura semicircular, com armação em aço galvanizado	5
Figura 4 - Campanhas de produção de tomate e pimento (meses de instalação de plântulas)	6
Figura 5 - Posição sistemática das cochonilhas-algodão presentes na região Oeste em hortícolas. ...	8
Figura 6 - Ciclo de vida das cochonilhas-algodão (Hemiptera: Pseudococcidae).	9
Figura 7 - Colónia de cochonilhas-algodão <i>Pseudococcus viburni</i> , cuidada por formigas, em tomateiro na região Oeste.	11
Figura 8 - Local de entrega, para leilão, de produtos hortícolas na central hortofrutícola "Frutas Patrícia Pilar, Lda."	26
Figura 9 - Fotografia aérea de uma das estufas acompanhadas na exploração do produtor A (estufa 1).....	27
Figura 10 - Fotografia aérea de duas estufas acompanhadas na exploração do produtor B (estufas 2 e 7).....	27
Figura 11 - Uma das estufas acompanhadas nas amostragens em plantas marcadas (estufa 2)	28
Figura 12 - Exemplo de caixa utilizada para a incubação e emergência de parasitóides	29
Figura 13 - Preparação microscópica de cochonilha-algodão	30
Figura 14 - Talhão com plantas testemunha (vasos verdes) e infestadas (vasos laranja) e com cobertura para reduzir o stress de pós-plantação.....	30
Figura 15 - a) Fibra-ótica bifurcada; b) Sonda com 6 fibras emissoras e 1 fibra recetora de feixes de luz; c) Padrão de iluminação dos feixes de luz de uma sonda; d) Exemplo de adaptador da sonda utilizada e) Ilustração do princípio de funcionamento da sonda	31
Figura 16 - Equipamento de medição da refletância (portátil, espectrómetro, fonte de luz e sonda de refletância)	32
Figura 17 - Procedimento efetuado durante a medição da refletância das folhas.	32
Figura 18 - Medição da refletância da folha pela sonda de refletância.....	33
Figura 19 - Frequência relativa do número de vezes que se registaram infestações com cochonilhas-algodão em hortícolas cultivados em estufas/abrigos altos, nos produtores que referiram ter tido ataques de cochonilhas-algodão (N=13 produtores).	35
Figura 20 - Frequência relativa do período de tempo em que foi observada, por parte dos inquiridos, a primeira infestação com cochonilhas-algodão em hortícolas cultivados em estufa/abrigo alto.	35

Figura 21 - Distribuição de frequência de utilização de inseticidas pelos produtores no combate a cochonilhas-algodão em hortícolas de estufa/abrigo alto (N=13 produtores).	36
Figura 22 - Mapa com a distribuição do número de entrevistas realizadas a produtores intensivos de tomate/pimento em estufas/abrigos altos, por freguesia, na principal zona de produção da região Oeste e o número de estufas que já tiveram, pelo menos uma infestação de cochonilhas-algodão... 37	37
Figura 23 - Frequência relativa de espécies de cochonilhas-algodão identificadas na região Oeste . 38	38
Figura 24 - Distribuição de ocorrências de cochonilhas-algodão na região Oeste..... 38	38
Figura 25 - Colónia de <i>Phenacoccus madeirensis</i> associada à formiga argentina, <i>Linepithema humile</i> 39	39
Figura 26 - Fêmea de <i>Leptomastix algerica</i> emergida de <i>Pseudococcus viburni</i> 39	39
Figura 27 - Evolução fenológica da cultura de tomate nos produtores A e B ao longo do período de amostragens..... 42	42
Figura 28 - Temperatura e humidade relativa média medida nas estufas dos produtores A e B durante o período de amostragens. 42	42
Figura 29 - Evolução temporal das cochonilhas-algodão nas estufas 44	44
Figura 30 - Somatório do número de indivíduos (cochonilhas-algodão de primeiro e segundo instar, fêmeas adultas ou de terceiro instar e posturas) detetados, durante o primeiro e segundo campanha de tomate, nos produtores A e B, por órgão vegetal (folha, ramo, caule) e data de amostragem. 45	45
Figura 31 - Localização e número médio de cochonilhas-algodão detetados por planta, durante a 1ª e 2ª, respetivamente, campanha de tomate, na estufa 1 do produtor A. 46	46
Figura 32 - Localização e número médio de cochonilhas-algodão detetados por planta, durante a 1ª e 2ª, respetivamente, campanha de tomate, nas estufas 7 e 2 do produtor B. 46	46
Figura 33 - Regressão linear para estimativa dos parâmetros do modelo da lei da potência. 47	47
Figura 34 - Comprimentos de onda da Segunda Componente Principal do espectro médio, medido no último dia de amostragem, da absorvância de plantas testemunha (círculos verdes) e infestadas (círculos vermelhos) transformado por segunda derivação. 48	48
Figura 35 - Scores da análise PCA ao espectro, medido no último dia de amostragem (02/10), da absorvância de plantas testemunha (círculos verdes) e infestadas (círculos vermelhos) com transformação por derivação (segunda derivação)..... 49	49
Figura 36 - Comprimentos de onda significativamente diferentes, de acordo com o parâmetro de separação, entre plantas controlo e infestadas no último dia de medições.. 49	49
Figura 37 - PCA aos registos efetuados no trabalho de campo no último dia de medições. As setas indicam as direções onde as variáveis (afídeo, altura, folha, formiga, cochonilha, tuta) atingem os valores máximos..... 50	50

Lista de abreviaturas

CCD - Dispositivo de Carga acoplada (*Charge-coupled Device*)

DCEB - Departamento de Ciências e Engenharia de Biosistemas

EUA - Estados Unidos da América

GPP - Gabinete de Planeamento, Políticas e Administração Geral

IOBC - *International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants*

ISA - Instituto Superior de Agronomia

NIR - Radiação Infravermelho Próximo (*Near Infrared Radiation*)

nm - Nanómetro

PAR - Radiação Fotossinteticamente Activa (*Photosynthetically Active Radiation*)

PCA - Análise aos Componentes Principais (*Principal Component Analysis*)

SWIR - Radiação Infravermelho de onda curta (*Shortwave Infrared Radiation*)

USDA - *United States Department of Agriculture*

1. Introdução

As cochonilhas-algodão (Hemiptera: Coccoidea: Pseudococcidae) (**Figura 1**) são pragas importantes em Horticultura, devido aos elevados prejuízos que podem originar em culturas como citrinos, vinha, bananeira, cana-de-açúcar, cafeeiro, cacaueteiro e algodão (Andrade, 2014; Hogendorp *et al.*, 2006) em diferentes regiões biogeográficas (Ben-Dov, 2005; 2012). Os estragos provocados por estes insetos incluem redução da taxa fotossintética, menor fluxo de seiva elaborada e menor crescimento da planta, em resultado da sua alimentação, bem como da proliferação de fungos saprófitas e, em alguns casos, da



Figura 1 - Fêmea adulta de *Pseudococcus viburni* em folha de tomateiro (original do autor).

transmissão de vírus. A facilidade de dispersão das cochonilhas-algodão explica-se pelo tamanho reduzido e preferência por ocupar habitats inconspícuos (frequentemente os cálices de frutos), que dificultam a sua deteção nas inspeções fitossanitárias. A existência de um mercado globalizado de *commodities*, com redução de barreiras alfandegárias e facilidade de escoamento dos produtos vegetais, contribui também para a sua dispersão (Miller *et al.*, 2002). Em Portugal, segundo Franco *et al.* (2011), cerca de 48% das cochonilhas são alóctones, sendo a sua introdução nesta região explicada, principalmente, pela posição geográfica na Europa e pela introdução voluntária e involuntária de plantas exóticas durante o período dos "Descobrimentos Portugueses".

O recente incremento da importância das cochonilhas-algodão em cultura protegida de hortícolas, principalmente em solanáceas, na Europa (em Portugal, especialmente, na região Oeste) e outras partes do mundo, levou a que estas passassem a ser consideradas por alguns produtores, como inimigo-chave. O aumento de incidência das cochonilhas-algodão numa região é, segundo Franco *et al.* (2009), resultado da introdução de novas espécies alóctones, da aplicação de pesticidas não seletivos e de efeitos ambientais nas relações tritróficas entre planta hospedeiro/praga/inimigos naturais. Segundo Amaro (2003), num inimigo ocasional, "*a posição de equilíbrio da população está bastante distanciada do nível económico de ataque mas verifica-se, por vezes, em certos anos, com frequência por razões climáticas, mas também por excesso de luta química, a ocorrência de condições favoráveis ao desenvolvimento da praga que, ao ultrapassar o nível económico de ataque, exige, pontualmente, tratamentos químicos*", enquanto que num inimigo-chave, "*todos os anos ocorrem ataques de certas pragas cujas posições de equilíbrio estão muito próximas ou acima do nível económico de ataque, tornando-se indispensável a realização sistemática de tratamentos*". A colonização com sucesso de um território por pragas alóctones representa um risco importante para a produtividade das culturas hospedeiras, uma vez que na maioria das vezes, não existe um regulador biológico autóctone eficaz no combate, obrigando a que o produtor tenha que recorrer à luta química (Franco *et al.*, 2009). Hardin *et al.* (1995) apresentaram como causas de pululações por ação de inseticidas não-seletivos: alterações no rácio de mortalidade entre inimigos naturais e pragas; eliminação direta dos insetos auxiliares ou, quando em quantidades subletais, alterações no comportamento e fisiologia dos insetos auxiliares; efeitos indiretos dos inseticidas nos inimigos

naturais por interferência na qualidade da presa ou indiretamente na qualidade da presa por alterações na planta hospedeiro; efeitos nas interações inimigo natural/ hospedeiro; alterações na qualidade nutricional e na constituição química das plantas; capacidade de metabolização de inseticidas, por enzimas das pragas; alterações no comportamento, e na fecundidade das pragas; redução de competição por outros fitófagos; e aquisição de resistência pelas pragas. Além disso, a procura por parte dos consumidores de produtos hortofrutícolas com menores teores de resíduos, as limitações num número crescente de países das substâncias ativas autorizadas para utilização em ambiente protegido e os riscos de saúde para os aplicadores, associados à aplicação das mesmas em cultura protegida, têm contribuído para o aumento da adoção da luta biológica, como alternativa à luta química (Pilkington *et al.*, 2010). O maior controlo das variáveis abióticas em cultura protegida proporciona condições ideais para o crescimento e desenvolvimento de plantas, assim como, de pragas (muitas vezes alóctones e polífagas), que encontram na cultura protegida, condições abióticas favoráveis ao seu desenvolvimento, maior isolamento em relação aos seus inimigos naturais e/ou tendência a desenvolver resistência aos pesticidas convencionais, sob estas condições, devido à intensificação da utilização dos mesmos (Pilkington *et al.*, 2010).

Com este trabalho pretendeu-se analisar a importância das cochonilhas-algodão (estatuto de praga, espécies presentes e comportamento no hospedeiro) numa das principais regiões produtoras de hortícolas em cultura protegida (o Oeste), em Portugal, prospetar inimigos naturais que auxiliem na limitação natural das suas populações e avaliar se a técnica de espectroscopia ótica pode ser utilizada na deteção precoce de infestações de cochonilhas-algodão em tomateiro.

2. As culturas protegidas

2.1. A importância das culturas protegidas no mundo e em Portugal

Nas últimas décadas tem-se assistido a um crescimento importante da área dedicada a culturas protegidas no mundo, impulsionado principalmente pelo aumento de área deste sistema de produção na Ásia (particularmente na China). A área ocupada por estufas e túneis altos, túneis baixos e *mulching* (cobertura do solo com plástico) no mundo (**Quadro 1**) sofreu em quinze anos um aumento, aproximado, de 522% na área dedicada a estufas e túneis altos, de 550% na área dedicada a túneis baixos e de 214% na área dedicada a *mulching*, o que demonstra a importância cada vez maior que este tipo de produção tem na agricultura dos nossos dias. As principais vantagens desses sistemas de produção que

têm resultado no seu aumento de área, relativamente à cultura ao ar livre, são a possibilidade de melhorar a eficiência de uso da água, a possibilidade de produzir em contraciclo, a proteção de baixas temperaturas (especialmente importante na fase de arranque da cultura) e intempéries (vento, chuva, granizo), assim como de pragas e de doenças, e a possibilidade de ter maiores produções e maior qualidade dos produtos hortofrutícolas (Castilla, 2013).

Em Portugal tem-se assistido, nos últimos quatro anos, ao aumento da área de produção de tomate em cultura protegida, sendo esta a principal cultura hortícola produzida em estufa, enquanto que noutras culturas, como alface, morango, pepino e pimento, a área de produção manteve-se sensivelmente constante (**Quadro 2**). Em 2013, a produção de tomate em estufa/abrigo alto representava 90,6% (equivalente a 76,8 mil toneladas) do total de tomate produzido para consumo em fresco em Portugal (INE, 2013). A distribuição da produção de hortícolas em cultura protegida, em Portugal, encontrava-se, em 1999, essencialmente entre as regiões do Algarve e do Ribatejo e Oeste. Essas regiões eram à data responsáveis por 42% e 32% da área total de cultura hortícolas protegidas em Portugal, respetivamente (GPP, 2007).

Quadro 1 - Evolução da área (ha) dedicada a estufas e túneis altos, túneis baixos e cobertura do solo com plástico no mundo, entre 1995 e 2010 (**Wittwer e Castilla, 1995; Castilla, 2013**).

Ano	Estufas e túneis altos (ha)	Túneis baixos (ha)	Cobertura do solo com plástico (ha)
1995	306 500	257 200	3 415 300
2010	1 905 000	1 672 000	10 722 000

Quadro 2 - Evolução da área de produção (ha) de culturas protegidas em Portugal (**EUROSTAT, 2015**).

Cultura/Ano	2011	2012	2013	2014
Alface	1100	900	1100	1100
Morango	100	100	100	100
Pepino	0	100	100	100
Pimento	0	100	100	100
Tomate	900	1000	1200	1200

2.1.1. As culturas protegidas na região Oeste

Na região Oeste, em 2000, as principais culturas produzidas em estufa eram a alface, o tomate, o feijão-verde, o pimento, o melão e a meloa. Destas, o tomate era a cultura predominante, representando 44% da superfície e 63% da produção total de hortícolas produzidos em estufa (Miranda *et al.*, 2004b).

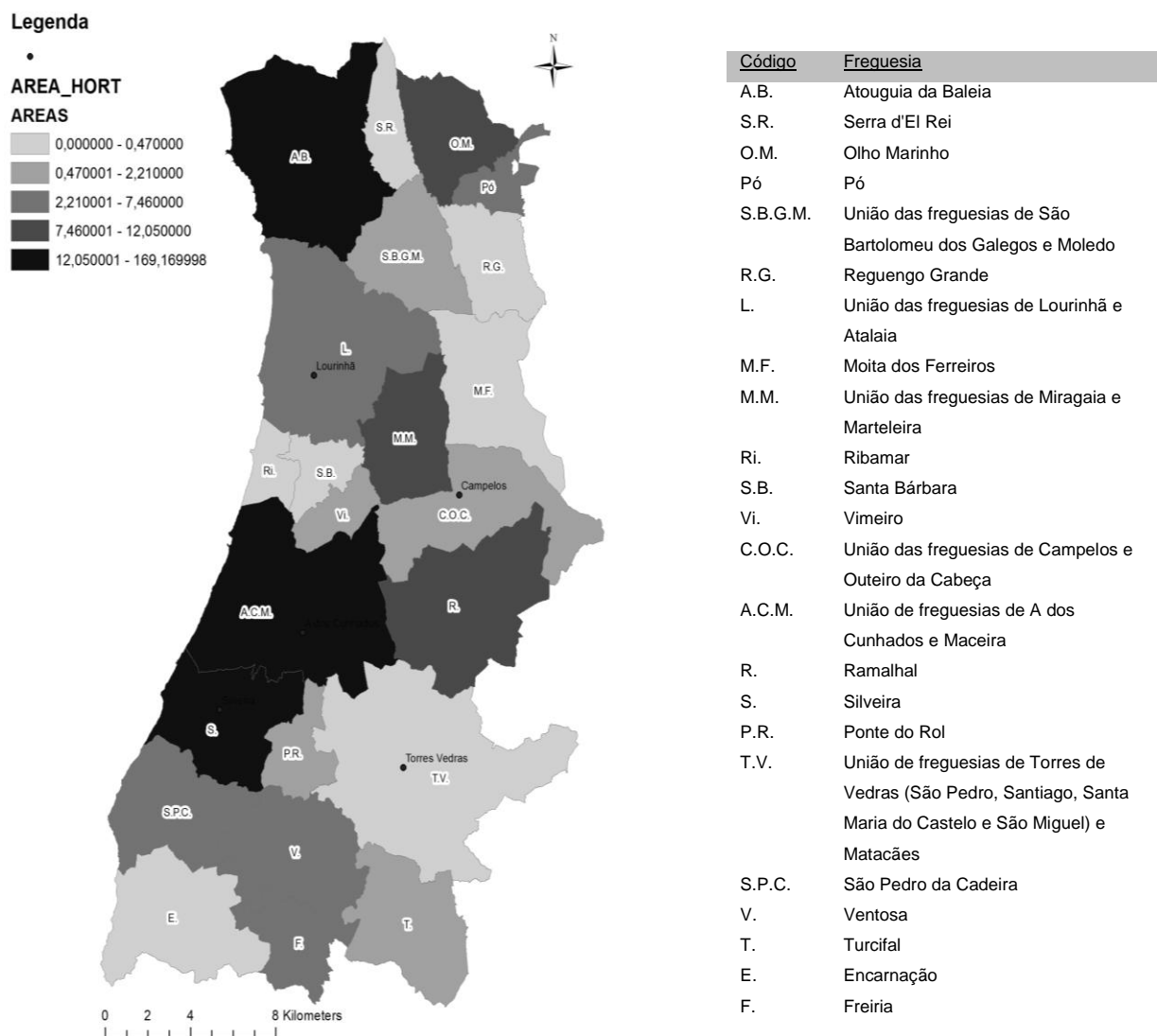


Figura 2 - Mapa com a área total (ha) de produção intensiva de hortícolas em estufas/abrigos altos, por freguesia, na principal zona de produção da região Oeste (INE, 2009). No mapa encontram-se reproduzidas 23 freguesias com uma escala de tons de cinzento com cinco classes, sendo cada uma representativa de 20% do número total de freguesias. O tom de cinzento mais claro representa freguesias com áreas de produção compreendidas entre os 0ha e 0,47ha e o tom de cinzento mais escuro as freguesias com áreas de produção compreendidas entre os 12,05ha e 169,17ha. O código usado na figura para designar as freguesias é indicado à direita.

As freguesias mais importantes na produção intensiva de hortícolas em estufas/abrigos altos na região Oeste, em 2009, eram a União de freguesias de A dos Cunhados e Maceira, Silveira e Atouguia da Baleia. Estas três freguesias eram responsáveis por 75% da área total dedicada à produção de hortícolas em estufas/abrigos altos da região (**Figura 2**).

Em 2002, as estruturas produtivas utilizadas em culturas hortícolas protegidas na região eram de cinco tipos diferentes: estufa simples, estufa dupla, estufa em módulos múltiplos, túnel alto e parral (**Figura 3**). Os tipos de estufa mais utilizados eram a estufa simples e a estufa dupla (ocupando respetivamente 39% e 27% da área total dedicada a culturas hortícolas protegidas) (Miranda *et al.*, 2004b). Desde então, a área dedicada a estufas em módulos múltiplos, especialmente os com armação em aço galvanizado, tem aumentado, por apresentar vantagens relativamente às estufas simples e duplas, tradicionalmente construídas com armação em madeira (de baixo custo na região, devido à abundância deste recurso, mas com um tempo de vida útil curto). Entre as vantagens dessas estruturas contam-se por exemplo: maior controlo ambiental, pois geralmente essas estufas têm pé direito mais alto (logo, maior volume de ar na estufa e maior capacidade de retenção de água, menores riscos de condensação na cobertura e de proliferação de doenças nas plantas), maior controlo das aberturas zenitais (permitindo: o aumento da ventilação da mesma e por consequência maior disponibilidade de dióxido de carbono (CO₂) para a fotossíntese; redução da resistência da camada-limite em torno das folhas, o que significa um maior gradiente, entre o interior do cloroplasto e o ar, de vapor de água e CO₂; maior facilidade em arrefecer a estufa e retirar o excesso de humidade do interior desta e de automatizar a abertura e fecho de janelas e sombreamentos com base em parâmetros ambientais localmente monitorizados; maior vida útil da armação em aço galvanizado e menores custos unitários do mesmo (custos fixos decrescentes com a área), devido ao efeito de diluição resultante da produção em escala deste fator de produção; maior eficiência de trabalho (mais fácil movimentação entre sectores das estufas do que entre estufas múltiplas com a mesma área e maior durabilidade da armação, o que significa menor dispêndio de tempo a retirar e colocar a mesma); aumentos de produtividade, devido à maior disponibilidade de radiação solar para as plantas (pela menor interceção de luz pela armação em aço galvanizado do que na madeira), a uma temperatura, humidade relativa e CO₂ mais próximas do ideal das culturas hortícolas; maior qualidade de frutos, com maior calibre e menores problemas fitossanitários (Castilla, 2013). Neste último aspeto, os problemas associados ao excesso de transpiração durante o verão nas culturas de tomate e pimento (como o *blossom end rot* ou o *cracking*) poderão ser prevenidos através do sombreamento, frequentemente através da caiação das estufas ou da colocação de redes horizontalmente sobre a cultura (Miranda *et al.*, 2004b).



Figura 3 - Estufa com módulos múltiplos do tipo capela, com armação em madeira de eucalipto, e estufa com módulos múltiplos com cobertura semicircular, com armação em aço galvanizado (da esquerda para a direita) (original do autor).

A cultura protegida de tomate, na região Oeste, é realizada em duas campanhas principais, uma colhida durante a primavera-verão (as plântulas são instaladas na estufa entre fevereiro e março) e outra colhida durante o outono-inverno (as plântulas são plantadas na estufa em julho) (Miranda *et al.*, 2004b). De acordo com *Observatório dos Mercados Agrícolas e das Importações Agro-Alimentares* (OMAIAA, 2011), na região Oeste, a cultura do pimento é colhida durante os meses de verão e outono (**Figura 4**). Na maioria das explorações o tomate é produzido continuamente ao longo de vários anos (sem rotação cultural), por vezes com um curto período de repouso entre campanhas. As novas plântulas são colocadas num período de dias, por forma a aproveitar a pequena janela de oportunidade que permite aos produtores do Oeste produzirem em contraciclo com o resto da Europa, nomeadamente com a Andaluzia. Quando em substrato, muitas vezes as plantas são cortadas à altura do substrato no final da cultura (permanecendo as raízes e uma parte do caule nos mesmos, por forma a manter a estrutura do substrato). A existência nesta região de condições climáticas ímpares para a produção da cultura do tomate em contraciclo permite aos produtores do Oeste auferir de uma vantagem competitiva em relação a outros produtores europeus, permitindo-lhes obter um bom retorno através da exportação para mercados mais exigentes e com maior poder de compra do que o português (Miranda *et al.*, 2004a; 2004b).



Figura 4 - Campanhas de produção de tomate e pimento (meses de instalação de plântulas) (original do autor).

A produção de tomate ou pimento, na região Oeste, poderá ser realizada diretamente no solo ou em vasos ou sacos de substrato (fibra-de-coco, turfa, lã-de-rocha, entre outros), sendo estes últimos utilizados, pela maioria dos produtores, ao longo de várias campanhas (por vezes décadas), ao contrário dos países do norte da Europa, como a Holanda, onde são utilizados apenas numa campanha. A maior parte das estufas da região produzem as hortícolas através de fertirrega, sendo o excesso de solução nutritiva drenado, por calhas de drenagem ou pelos regos de drenagem entre camalhões (quando a cultura é produzida no solo e este é armado desse modo). As plantas são adquiridas pelos produtores regionalmente em viveiros especializados, sendo selecionadas e enxertadas localmente ou em viveiros espanhóis, diretamente. As principais operações culturais usadas pelos produtores como forma de prevenção de problemas fitossanitários e aumento da qualidade e produção das culturas são a poda de rebentos (esladroamento), a tutoragem, a desfolha e a monda de frutos (Miranda *et al.*, 2004b).

2.1.2. Proteção integrada na cultura do tomate na região Oeste

A existência de uma mancha significativa de estufas especializadas na produção intensiva de tomate (monoculturas ou cultura com reduzida rotação cultural ao longo das várias campanhas), de um clima húmido e ameno na região e a proximidade de outras culturas perenes também em monocultura, como vinha ou citrinos (importantes reservatórios de pragas durante as fases de repouso das culturas anuais) implicam uma gestão cuidadosa das culturas e um controlo adequado das populações de pragas. De acordo com o *Manual de Produção Integrada de Culturas Hortícolas* (Miranda *et al.*, 2004a), as principais pragas que afetavam a cultura do tomate em cultura protegida, no Oeste, eram os ácaros [*Tetranychus urticae* Koch, e *Aculops lycopersici* (Tryon)], os afídeos [sobretudo, *Aulacorthum solani* (Kaltenbach), *Myzus persicae* (Sulzer) e *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas)], as lagartas-de-folha [*Autographa gamma* (Linnaeus) e *Chrysodeixis chalcites* (Esper)], a lagarta-do-tomate [*Helicoverpa armigera* (Hübner)], os alfinetes [espécies de *Agriotes* Eschscholtz], uma espécie de larva-mineira [*Liriomyza huidobrensis* (Blanchard)], as melolontas (espécies de *Melolontha* Fabricius), uma espécie de mosquinha-branca [*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood)] e o tripe-da-Califórnia [*Frankliniella occidentalis* (Pergande)]. Adicionalmente, em 2009, foi detetada a presença na região de uma nova praga, a traça-do-tomateiro [*Tuta absoluta* (Meyrick)], originária da América do Sul, de grande importância para a cultura (Serra *et al.*, 2009). A inexistência de qualquer referência à presença de cochonilhas-algodão em cultura protegida de tomate, no *Manual de Proteção Integrada de Culturas Hortícolas*, sugere que esta praga até 2004 não representava um problema significativo na região Oeste.

A monitorização das pragas existentes na região, através de diferentes pontos de amostragem permite a estimativa do risco ao nível da área de produção/ concelho e determinar o tipo de ação mais adequado à situação em que se encontra cada praga. Dependendo da praga, a monitorização das estufas poderá ser efetuada através de armadilhas ou através da observação visual de plantas, em intervalos de tempo definidos (Miranda *et al.*, 2004a). Segundo os princípios de proteção integrada, deve privilegiar-se a utilização de medidas indiretas de luta (por exemplo a realização de adubações e regas equilibradas ou a manutenção de flora atrativa para auxiliares) que fomentem a regulação natural das pragas, ao invés de medidas diretas de luta (por exemplo, a utilização de inseticidas e o tratamento biológico por largadas de auxiliares autóctones ou alóctones), que apenas devem ser utilizadas quando a praga atinge o Nível Económico de Ataque, uma vez que frequentemente têm efeitos secundários nas populações de outras pragas e auxiliares (Amaro, 2003). De acordo com Ivars e Sánchez (2012), para o caso das cochonilhas-algodão, existem várias técnicas de amostragem possíveis, incluindo a observação visual, com contagem do número de indivíduos por órgão vegetal ou tempo dispensado na sua prospeção e o uso de armadilhas (cintas armadilha de cartão canelado e armadilhas sexuais).

3. As cochonilhas-algodão

3.1. Posição sistemática

Na Figura 5, apresenta-se a caracterização taxinómica das três principais espécies de cochonilhas-algodão referenciadas em culturas protegidas, no Oeste.

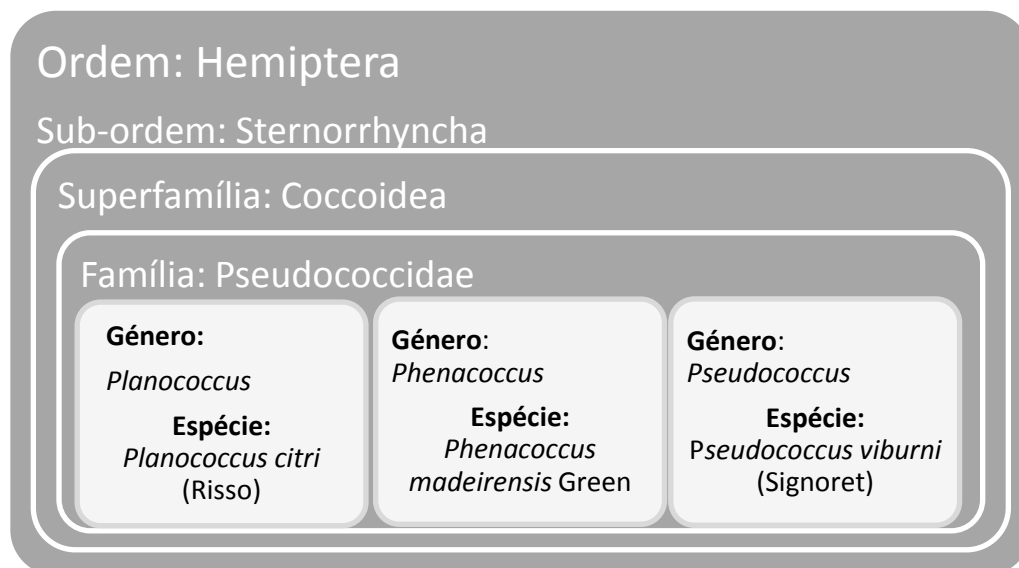


Figura 5 - Posição sistemática das cochonilhas-algodão presentes na região Oeste em hortícolas.

3.2. Ciclo de vida

As cochonilhas-algodão apresentam dimorfismo sexual tanto ao nível do ciclo de desenvolvimento (**Figura 6**) e morfologia como ao nível do comportamento. A fêmea tem geralmente três estados de desenvolvimento (hemimetabólicos) e todos ápteros: ovo, ninfa (com três instares) e estado adulto; o macho tem três estados, embora com desenvolvimento de tipo holometabólico: ovo, quatro instares ninfais, os últimos dois designados de pré-pupa e pupa e estado alado, o adulto (Gullan e Martin, 2009; Franco *et al.*, 2000). As fêmeas adultas têm

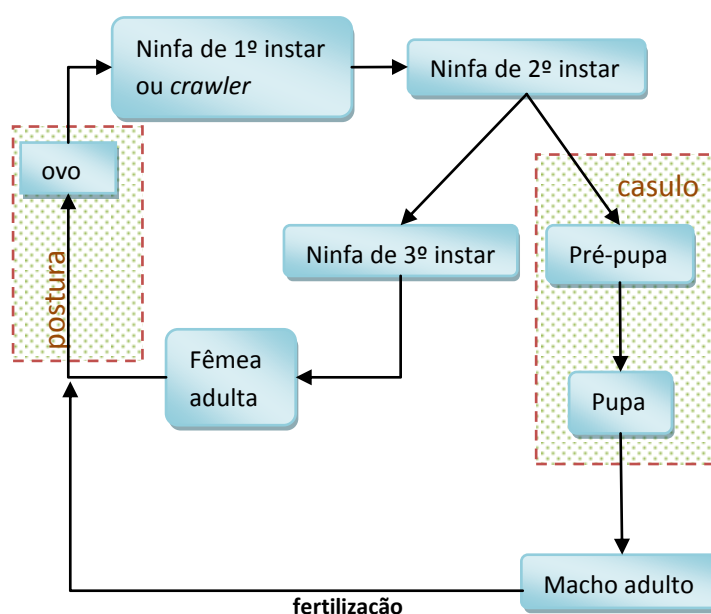


Figura 6 - Ciclo de vida das cochonilhas-algodão (Hemiptera: Pseudococcidae) (adaptado de Ivars e Sánchez, 2012).

um comportamento críptico, tendendo a congregar-se colónias (muitas vezes associadas a formigas), em pontos de alimentação inconspícuos como por exemplo, nas páginas inferiores das folhas, na proximidade das gemas axilares e na base dos caules. As fêmeas alimentam-se desde o primeiro instar ninfal até à reprodução (a fêmea continua a alimentar e a crescer até ser fertilizada pelo macho, ou até iniciar a reprodução). Os machos alimentam-se apenas durante o primeiro e segundo instar ninfal, tendo que utilizar as reservas energéticas acumuladas nos dois primeiros estados de desenvolvimento, para pupar e reproduzir. Assim, os machos adultos tendem a ter dimensões bastante inferiores às fêmeas adultas, uma vida efémera, e a reprodução como única função. O primeiro instar ou *crawler* é o principal responsável pela dispersão da espécie, pois possui elevada mobilidade, procurando durante esta fase, deslocar-se para novas fontes de alimentação (geralmente *sinks* fortes) no hospedeiro onde se formou, ou dispersar para novos hospedeiros (através do vento, aves ou mamíferos). Dependendo da espécie, a fêmea adulta pode ser ovípara, colocando os ovos numa estrutura cerosa, o ovissaco, que pode ou não ficar unida ao corpo; ou ovovivípara, guardando os ovos no seu aparelho reprodutor até que estes estejam prontos a eclodir (Gullan e Martin, 2009; University of Minnesota, 2015). As espécies de cochonilha-algodão referenciadas na região Oeste em cultura protegida são todas ovíparas. No entanto, em Espanha a espécie *Phenacoccus solani* Ferris, que afeta a cultura protegida de pimento é ovovivípara (Ivars e Sánchez, 2012).

3.3. Cochonilhas-algodão referenciadas em culturas hortícolas

3.3.1. Produção em cultura protegida

Na Europa até 2012 as espécies de cochonilha-algodão mais importantes em cultura protegida de hortícolas eram *P. solani* (a sua distribuição cresceu nos últimos anos na região mediterrânica, estando referenciada na Sicília, Turquia, Israel e Espanha), *P. madeirensis* (principalmente nos países da orla mediterrânica), *P. viburni* (presença ampla na Europa) e *P. citri* (presença ampla na Europa) (Ivars e Sánchez, 2012; Kaydan, 2012).

Os primeiros registos de prejuízos com *P. viburni* na Holanda e França (nas regiões da Bretanha e Provença), num elevado número de produtores de hortícolas, especialmente de tomate, em cultura protegida, datam de 1995 e 1997, respetivamente, e resultaram num aumento de importância da mesma nos dois países e na transição do estatuto da praga em hortícolas, de ocasional para chave (Schoen e Martin, 1999). Jacobson (2002) descreveu que esta espécie estava a afetar, também, as explorações dedicadas à cultura protegida de tomate, no Reino Unido, em 1998, com cerca de 7% da área nacional afetada e um prejuízo total de, aproximadamente, 4900 euros/ha. Essas perdas resultavam de morte de plantas e de estragos diretos e indiretos, assim como, de custos associados ao combate da praga, limpeza e desinfeção de estufas (os quais foram estimados como sendo de aproximadamente 4100 euros/ha). No entanto, *P. viburni* já era identificada na Holanda desde 1959, em hortícolas de estufa (incluindo em tomate), para além das espécies, *P. citri* (cujo primeiro registo é de 1963), em pepino e batata, e *P. madeirensis* e *Phenacoccus solenopsis* Tinsley, (ambas identificadas pela primeira vez em 1993), em plantas do género *Solanum* (Jansen, 2004).

Em 2012, registou-se pela primeira vez a presença na Europa da cochonilha-algodão *Chryseococcus arecae* (Maskell), mais precisamente no centro da Escócia, em culturas ornamentais ao ar livre. Num estudo por Malumphy *et al.* (2014) comprovou-se em laboratório que esta espécie tem capacidade para se desenvolver em tomate (assim como, em beringela - com. pessoal Dr. Chris Malumphy, FERA, *Food and Environment Research Agency*, 2015). No entanto não ficou demonstrado que o inseto consiga completar o ciclo de vida nesse hospedeiro. Assim, o potencial para o desenvolvimento desta espécie em estufas de produção de tomate existe. Todavia, os autores consideram que a migração desta praga do centro de Escócia para os locais de produção de tomate em estufa da Grã Bretanha não é fácil e que mesmo que tal suceda, a forma como as explorações são geridas (com remoção das plantas no final da campanha e um período de repouso) reduz a população desta cochonilha a níveis inferiores ao nível económico de ataque (Malumphy *et al.*, 2014). Existem atualmente três espécies principais de cochonilhas-algodão presentes na cultura protegida de hortícolas e ornamentais no Reino Unido: *P. citri*, *P. viburni* e *Pseudococcus longispinus* (Targioni Tozzetti) (com. pessoal Dr. Malumphy, 2015). A importância económica destas pragas em hortícolas no Reino Unido é, no entanto, pouco revelante (excetuando-se um produtor de tomate em modo de produção biológico que terá tido recentemente problemas sérios).

Na Áustria, Malumphy *et al.* (2015), relatam prejuízos importantes com *Phenacoccus peruvianus* Granara de Willink, em pimento produzido, em fibra de coco, em estufa de vidro, tendo sido esta a primeira associação deste hospedeiro a esta praga. O produtor em causa observou a cochonilha-algodão pela primeira vez, em 2012, e até 2014 a população permanecera, embora reduzida, no interior de uma estufa não aquecida. No final de 2014, houve um incremento importante da população do inseto (os autores propõem como causa possível desse aumento populacional, o facto de o inverno ter sido menos rigoroso que o habitual), provocando prejuízos importantes, a ponto de este produtor ter que retirar as plantas prematuramente. Os autores indicam como possível causa da infestação, o substrato utilizado, uma vez que este se encontrava contaminado com uma infestante da família Commelinaceae. Contudo, o inseto não tem capacidade de entrar em diapausa e a viagem desde o Sri Lanka, donde a fibra de coco era proveniente é longa.

Em Espanha, segundo Salmerón (2011) e Beltrà e Soto (2011) assistiu-se entre 2009 e 2010 a um incremento importante dos prejuízos provocados por cochonilhas-algodão em cultura protegida de pimento, na região de Almeria, uma das regiões com maior densidade de estufas de plástico do mundo (Carvalho, 2000). Em 2009, a sua presença foi residual, enquanto que em 2010 esteve presente em 13% das explorações produtoras de pimento. Num estudo publicado por Salmerón (2011), na mesma região foram identificadas, em culturas protegidas, sobretudo de pimento, quatro espécies de cochonilhas-algodão: *P. solani*, *P. madeirensis*, *P. citri* e *P. longispinus*. O aumento de importância das cochonilhas-algodão na região poderá ser explicado: (i) pela perda de eficácia de alguns inseticidas; (ii) pela menor utilização destes produtos, devida à maior procura por parte dos consumidores de produtos hortícolas com menores teores de resíduos; (iii) e/ou ao ressurgimento de pragas secundárias como resultado da prática da proteção integrada, que privilegia a luta biológica principalmente em relação aos tripes e mosquinhas brancas, em detrimento da luta química com inseticidas de longo espectro de ação (Salmerón, 2011).

Em Portugal existem poucos estudos sobre a importância das cochonilhas-algodão em culturas hortícolas protegidas. No entanto é de destacar o estudo de Aguiar (1999) acerca das principais pragas de hortícolas e ornamentais no arquipélago da Madeira. Neste estudo, no qual 95,2% das pragas referenciadas estavam associadas a hortícolas, foram identificadas as espécies *P. madeirensis* e *P. longispinus*, com presença ocasional e muito pouca importância em tomate, pimento e feijão-verde (frequência de aparecimento inferior a 1%). Uma terceira espécie *P. viburni* foi detetada em *Gerbera* sp. também com pouca frequência. Além desse estudo, desde 2009 que o Laboratório de Entomologia vem registando ocorrências, maioritariamente na região Oeste, de cochonilhas-algodão em culturas hortícolas protegidas (**Figura 7 e Quadro 3**).



Figura 7 - Colónia de cochonilhas-algodão *Pseudococcus viburni*, cuidada por formigas, em tomateiro na região Oeste (original do autor).

Quadro 3 - Espécies de cochonilhas-algodão (Hemiptera, Pseudococcidae) identificadas em culturas hortícolas protegidas na região Oeste. Elaborado a partir de dados do Laboratório de Entomologia do Departamento de Ciências e Engenharia de Biosistemas do Instituto Superior de Agronomia.

Espécies identificadas	Cultura	Freguesia onde se situa a estufa	Ano da ocorrência
<i>Pseudococcus viburni</i>	tomate	Campelos	2009
		A dos Cunhados	2012
		Silveira	2012
		Alcochete	2013
	tabaco	Silveira	2014
<i>Planococcus citri</i>	tomate	Campelos	2011
<i>Phenacoccus madeirensis</i>	pimento	Silveira	2009
	tomate	Campelos	2011
		A dos Cunhados	2012
		Silveira	2012

Até 2014, foram identificadas na região três espécies de cochonilhas-algodão na região Oeste, em culturas hortícolas protegidas, nomeadamente *P. viburni*, *P. citri* e *P. madeirensis*. De acordo com Franco *et al.* (2011), a presença de *P. madeirensis* nesta região foi confirmada em 2009 em pimenteiro; enquanto que as espécies *P. citri* e *P. viburni* estão referenciadas em Portugal, em culturas ao ar livre, desde 1898 e 1984, respetivamente. A espécie mais frequente na região parece ser *P. viburni* e *P. citri* a menos frequente. Contudo, só a realização de uma prospeção na região permitirá confirmar se estes resultados são representativos, uma vez que se baseiam apenas em consultas e amostragens mais ou menos casuísticas. A existência, em países da orla mediterrânica, de novas espécies invasoras de cochonilhas-algodão, como *P. solani*, *P. solenopsis* e *Maconellicoccus hirsutus* (Green) significa que há risco elevado destas espécies serem introduzidas em Portugal, num futuro próximo (Ivars e Sánchez, 2012). *Phenacoccus peruvianus*, identificada em Portugal desde 2006, ainda não foi referenciada em hortícolas no país, mas já o foi em ornamentais (Ivars, 2014).

Noutras partes do mundo, as cochonilhas-algodão em cultura protegida, encontram-se principalmente documentadas na Ásia e na América. No Japão, a introdução de *P. solani* levou a que em 2003, na região de Kochi, as cochonilhas-algodão passassem a ser um inimigo-chave na cultura protegida de pimento (Nakahira e Arakawa, 2006). *Phenacoccus solani* encontrava-se, por vezes, associada a *P. madeirensis*, espécie de difícil combate em cultura protegida de pimento (Nakahira e Arakawa, 2006). Em Israel, a presença de *P. solani* está documentada desde o final do século XX, tendo atingido o estatuto de inimigo-chave pouco tempo depois em aromáticas e hortícolas, causando prejuízos muito importantes em pimento protegido (Eliyahu *et al.*, 2010). A inexistência de inimigos naturais capazes de controlar esta praga, de uma elevada capacidade de resistir à frequente aplicação de pesticidas e às temperaturas elevadas no verão, dificultou a aplicação da proteção integrada por parte dos produtores, pondo em causa duas décadas de boas práticas agrícolas e ambientais (Eliyahu *et al.*, 2010).

Nos EUA, quatro das maiores empresas agrícolas produtoras de tomate em ambiente protegido localizavam-se, em 2002, nos estados do Arizona, Texas, Colorado e Califórnia e eram

responsáveis por 67% da produção de tomate para consumo em fresco (Calvin e Cook, 2005). Tendo por base a informação obtida através de contatos com professores de Entomologia de diversas universidades (Dr. Raul Villanueva, da Universidade do Texas- *Agrilife*, Dr. Eric Day, da Universidade da Virgínia, Dra. Whitney Cranshaw, da Universidade do Colorado) e com algumas das maiores empresas agrícolas produtoras de hortícolas em cultura protegida, dos EUA (sedeadas no estado da Califórnia e produtoras, principalmente, de tomate, pimento e beringela), as cochonilhas-algodão não parecem ser pragas importantes no país. Duas das espécies que mais problemas têm causado na cultura de hortícolas no mundo, *P. solani* e *P. solenopsis*, estão referenciadas nos EUA, sendo *P. solenopsis* (e possivelmente *P. solani*) nativa da América do Norte, (Whitney Cranshaw, com. pessoal, 2015). No Canadá, as cochonilhas-algodão são consideradas pragas ocasionais em cultura protegida de pimento, na região da Colúmbia Britânica (*British Columbia Greenhouse Growers' Association*, com. pessoal, 2015). A principal prática cultural realizada no combate a estas pragas naquela região é a desfolha.

3.3.2. Produção ao ar livre

Em hortícolas de ar livre, as cochonilhas-algodão estão documentadas nos continentes americano, africano e asiático. No continente americano, na Florida (EUA), segundo a *Florida Department of Agriculture and Consumer Services* (com. pessoal, 2015), a produção de hortícolas é na sua maior parte ao ar livre, sendo as principais espécies de cochonilhas-algodão presentes: *P. madeirensis*, *P. solani*, *P. solenopsis*, *P. citri* e *Paracoccus marginatus* Williams e Granara de Willink. No entanto os produtores conseguem eficazmente controlar a praga através de luta química.

No Espírito Santo (Brasil), a identificação de *P. solenopsis* pela primeira vez, em 2005, em tomate de ar livre, representa a primeira associação desta praga a este hospedeiro, apesar de *P. solenopsis* ter sido originalmente descrita no continente americano (EUA) em 1898 (Culik e Gullan, 2005). De acordo com estes autores já tinham sido observados sintomas semelhantes, em tomate cultivado comercialmente na região, aos que são tipicamente produzidos por *P. solenopsis*, mas a presença desta cochonilha-algodão só nesta data foi confirmada (Culik e Gullan, 2005). A primeira associação de *P. solenopsis* a este hospedeiro, a hipótese colocada pelos autores de que esta espécie estava a difundir-se na América (em 1992 a espécie era detetada pela primeira vez no Equador e nas Caraíbas, mas em 2002 já se encontrava no Chile afetando significativamente uma cultura hortícola importante na região, *Solanum muricatum* Ait.) e a existência de uma indústria importante de tomate no Brasil, no México, no Chile, nos EUA e no Canadá (Heuvelink e Costa, 2005) sugere que esta praga poderá vir a tornar-se importante neste hospedeiro e no continente americano. Para além da sinalização de *P. solenopsis*, identificaram também, no mesmo estado brasileiro, a presença de *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) e *P. viburni*, respetivamente, em abóbora e batateira (Culik e Gullan 2005).

Em Tucumán (na Argentina), Granara de Willink (2003) detetou a presença de uma nova espécie de cochonilha-algodão no país, *Phenacoccus parvus* Morrison, em pimento. Em Cuba, detetou-se presença de *D. brevipes* em tomate; *Ferrisia virgata* (Cockerell) e *Saccharicoccus sacchari*

(Cockerell) em pimento/malagueta; *D. brevipes*, *Dysmicoccus bispinosus* Beardsley e *Pseudococcus elisae* Borchsenius em abóbora; *D. brevipes*, *F. virgata* e *P. elisae* em batata-doce; *D. bispinosus* e *F. virgata* em mandioca; *S. sacchari* em feijoeiro; *P. citri* em beringela (Rodríguez *et al.*, 2003). A beringela, mandioca e tomate foram identificados como hospedeiros de *M. hirsutus* em Barbados (Gibbs e Taylor 2010).

Em África, em Casamança (Senegal), Etienne *et al.* (1992) identificaram *P. madeirensis* como uma praga importante de pimento/malagueta e *D. brevipes* como uma praga ocasional em batateira. Na Nigéria, Pitan *et al.* (2011), em amostragens de *P. solenopsis* em hortas comunitárias urbanas, entre 2006 e 2010, verificaram estragos elevados em pimento/malagueta e estragos moderados em tomate.

Em 2014, confirmou-se pela primeira vez, no Egito, a presença de *P. solenopsis* em tomate (Ibrahim *et al.*, 2015). As prospeções foram realizadas em campos de ensaio da Estação de Investigação Agronómica de Qaha (na proximidade da cidade do Cairo) em vários tomateiros cultivados ao ar livre, ao longo dos meses de junho e agosto e revelaram a apetência da praga por esta cultura, uma vez que durante esse tempo ela ocupou todos os órgãos das plantas, resultando em redução da capacidade fotossintética das folhas e, consequentemente, em perdas de produção. A elevada importância que a cultura do tomate tem no país (o Egito era em 2009 o quinto maior produtor de tomate a nível mundial), a sinalização pela primeira vez de *P. solenopsis* neste hospedeiro e nesta região e a sua agressividade levaram os autores a sugerir que esta poderia em breve tornar-se, no Egito, um inimigo-chave nesta cultura (Ibrahim *et al.*, 2015).

Na ilha Reunião, Germain *et al.* (2014a), identificaram as espécies *P. madeirensis*, *P. parvus* e *Pseudococcus jackbeardleyi* Gimpel e Miller, no arquipélago. A primeira foi identificada em pimento/malagueta, e as duas últimas, em tomate. Nas ilhas Seicheles, Germain *et al.* (2014b), identificaram a espécie *P. solenopsis*, em tomate.

Na Ásia, na Turquia, a presença de *P. solenopsis* foi detetada pela primeira vez em 2012 em prospeções nos jardins da cidade de Adana (próximo da fronteira com a Síria). Os exemplares desta cochonilha-algodão foram recolhidos na sua grande maioria de culturas ornamentais, mas também de pimento, tomate e beringela. Nos hospedeiros infestados as populações de cochonilhas-algodão eram elevadas, sugerindo que no futuro a praga possa vir a afetar a produção de algodão da região (Kaydan *et al.*, 2013).

Na província de Hormozgan (sul do Irão), Fallahzadeh *et al.* (2014) investigaram, entre 2010 e 2012, os hospedeiros de *P. solenopsis* na região, tendo classificado os diferentes níveis de infestação, de acordo com a escala descrita por Arif *et al.* (2009). À semelhança dos resultados obtidos por estes últimos autores, no Paquistão, a malagueta, o tomate e a melancia apresentaram níveis de infestação reduzidos e a beringela níveis de infestação elevados. Também no Irão, na província do Sistão, Moghaddam (2006) identificou a presença de *F. virgata* em beringela.

No Paquistão e Índia, *P. solenopsis* tem vindo a difundir-se na região desde a sua introdução, em 2005, e é, neste momento, uma das pragas mais importantes da cultura do algodão, sendo responsável por perdas de produção entre 30-60% (Fand e Suroshe, 2015). De acordo com Basana Gowda *et al.* (2014) das hortícolas amostradas, o tomate e a malagueta, não revelaram ser importantes hospedeiros de *P. solenopsis*. *P. marginatus* foi identificada pela primeira vez no país em 2008, tendo atingido o estatuto de inimigo-chave de várias culturas hortofrutícolas e causado prejuízos económicos importantes em 2009, em Karnataka (estado no sul da Índia) (Vennila *et al.*, 2010). Os mesmos autores verificaram que *P. solenopsis* e *M. hirsutus* eram as principais espécies de cochonilha-algodão presentes em algodão, na Índia central, entre 2006 e 2009, sendo a primeira inimigo-chave. Nas culturas hortícolas, beringela, malagueta e tomate eram produzidas em contraciclo com algodão, a primeira e a última tinham uma predominância média e a segunda uma predominância baixa no agroecossistema de produção de algodão. A determinação do nível de infestação das culturas foi avaliado neste estudo de acordo com a escala utilizada pela *National Bureau of Agriculturally Important Insects* (NBAII), variável entre um (sem incidência) e cinco (muito elevada incidência). As infestações por *P. solenopsis* em beringela e malagueta tiveram nível de infestação máximo de dois e o tomate nível de infestação máximo de quatro. De acordo com estes autores, as cochonilhas-algodão que afetaram a cultura do algodão poderiam ser controladas eficazmente através de estratégias que dessem prioridade à luta biológica e ao recurso a luta química como medida curativa pontualmente. Singh e Gandhi (2012), num estudo realizado nas proximidades da cidade de Vadodara (estado de Gujarat, norte da Índia), entre 2009 e 2010, verificou que *P. solenopsis* e *M. hirsutus* neste ecossistema tinham, respetivamente, um nível de infestação 4 e 3 em tomate. Para além da cultura do tomate, *P. solenopsis* afetava também severamente as culturas da couve. No distrito de Multan (Paquistão), Arif *et al.* (2009), investigaram, entre 2006 e 2007, que flora poderiam ser reservatórios de *P. solenopsis* para a principal cultura, o algodão. Nos hortícolas, a malagueta, a melancia e o tomate tiveram um nível de infestação reduzido e a beringela teve um nível de infestação elevado. Assim, a beringela servia de reservatório da praga durante a ausência da cultura do algodão.

No **Quadro 4** encontram-se listadas as espécies de cochonilhas-algodão referenciadas em culturas hortícolas no mundo, que foi elaborado com base em revisão da literatura das bases de dados SCALENET (Ben-Dov, 2014), Google Scholar, ISI Web of Science e ScienceDirect.

Quadro 4 - Ocorrências de cochonilhas-algodão e sua importância em hortícolas a nível mundial.

Gênero	Espécie	Culturas	Nível de infestação	Tipo de cultura	Local	Ano	Tipo de referência bibliográfica	Referência bibliográfica
<i>Chryseococcus</i>	<i>arecae</i>	<u>Tomate</u> (<i>Solanum lycopersicon</i> Mill.)	P	Estufa	Reino Unido	2012	1ª referência da praga na Europa	Malumphy <i>et al.</i> , 2014
<i>Dysmicoccus</i>	<i>brevipes</i>	<u>Abóbora</u> (<i>Cucurbita pepo</i> L.)	3*	N.D.	Cuba	2003	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Rodríguez <i>et al.</i> , 2003
			N.D.	Ar livre	Espírito Santo (Brasil)	2005	Identificação da espécie	Culik e Gullan, 2005
		<u>Batata</u> (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	I	N.D.	Casamança (Senegal)	1992	Estudo de artrópodes presentes no país	Etienne <i>et al.</i> , 1992
		<u>Batata-doce</u> (<i>Ipomoea batatas</i> L.)	2*	N.D.	Cuba	2003	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Rodríguez <i>et al.</i> , 2003
		<u>Tomate</u> (<i>Solanum lycopersicon</i> Mill.)	5*	N.D.	Cuba	2003	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Rodríguez <i>et al.</i> , 2003
	<i>bispinosus</i>	<u>Malagueta/Pimento</u> (<i>Capsicum anuum</i> L.)	3*	N.D.	Cuba	2003	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Rodríguez <i>et al.</i> , 2003
		<u>Mandioca</u> (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	3*	N.D.	Cuba	2003	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Rodríguez <i>et al.</i> , 2003
<i>Ferrisia</i>	<i>virgata</i>	<u>Batata-doce</u> (<i>Ipomoea batatas</i> L.)	2*	N.D.	Cuba	2003	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Rodríguez <i>et al.</i> , 2003
		<u>Beringela</u> (<i>Solanum melongena</i> L.)	N.D.	N.D.	Sistão (Irão)	2006	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Moghaddam, 2006
		<u>Malagueta/Pimento</u> (<i>Capsicum anuum</i> L.)	3*	N.D.	Cuba	2003	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Rodríguez <i>et al.</i> , 2003
		<u>Mandioca</u> (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	3*	N.D.	Cuba	2003	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Rodríguez <i>et al.</i> , 2003
<i>Maconelliococcus</i>	<i>hirsutus</i>	<u>Beringela</u> (<i>Solanum melongena</i> L.)	N.D.	N.D.	Barbados	2003	Estudo de auxiliares	Gibbs e Taylor, 2010
		<u>Mandioca</u> (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	N.D.	N.D.	Barbados	2003	Estudo de auxiliares	Gibbs e Taylor, 2010
		<u>Tomate</u> (<i>Solanum lycopersicon</i> Mill.)	N.D.	N.D.	Barbados	2003	Estudo de auxiliares	Gibbs e Taylor, 2010
			III	Ar livre	Vadodara (Índia)	2012	Estudo da importância dos estragos	Singh e Gandhi, 2012
<i>Paracoccus</i>	<i>marginatus</i>	<u>Malagueta</u> (<i>Capsicum anuum</i> L.)	I	Ar livre	Karnataka (Índia)	2014	Estudo da importância dos estragos	Basana Gowda <i>et al.</i> , 2014
		<u>Tomate</u> (<i>Solanum lycopersicon</i> Mill.)	I	Ar livre	Karnataka (Índia)	2014	Estudo da importância dos estragos	Basana Gowda <i>et al.</i> , 2014

Quadro 4 -Ocorrências de cochonilhas-algodão e sua importância em hortícolas a nível mundial.

<i>Phenacoccus</i>	<i>madeirensis</i>	<u>Beringela</u> (<i>Solanum melongena</i> L.)	3*	Estufa	Almeria (Espanha)	2011	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Salmerón, 2011
		<u>Feijão-verde</u> (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	I	Estufa	Madeira (Portugal)	1999	Principais pragas	Aguiar, 1999
		<u>Malagueta</u> (<i>Capsicum frutescens</i> L.)	III ou IV	N.D.	Casamança (Senegal)	1992	Estudo de artrópodes presentes no país	Etienne <i>et al.</i> , 1992
		<u>Melancia</u> (<i>Citrullus lanatus</i> Matsum. & Nakai)	4*	Estufa	Almeria (Espanha)	2011	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Salmerón, 2011
		<u>Melão</u> (<i>Cucumis melo</i> L.)	3*	Estufa	Almeria (Espanha)	2011	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Salmerón, 2011
		<u>Pepino</u> (<i>Cucumis sativus</i> L.)	2*	Estufa	Almeria (Espanha)	2011	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Salmerón, 2011
		<u>Pimento</u> (<i>Capsicum annum</i> L.)	N.D.	N.D.	Reunião	1991	Identificação da espécie	Germain <i>et al.</i> , 2014a
			III ou IV	N.D.	Casamança (Senegal)	1992	Estudo de artrópodes presentes no país	Etienne <i>et al.</i> , 1992
			I	Estufa	Madeira (Portugal)	1999	Principais pragas	Aguiar, 1999
			IV	Estufa	Kochi (Japão)	2003	Estudo biológico de <i>P. solani</i>	Nakahira e Arakawa, 2006
			2*	Estufa	Almeria (Espanha)	2011	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Salmerón, 2011
			I	Estufa	Madeira (Portugal)	1999	Principais pragas	Aguiar, 1999
	<i>parvus</i>	<u>Tomate</u> (<i>Solanum lycopersicon</i> Mill.)	N.D.	Estufa	Oeste (Portugal)	2009	Identificação da espécie	Franco <i>et al.</i> , 2011
			3*	Estufa	Almeria (Espanha)	2011	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Salmerón, 2011
			N.D.	N.D.	Tucumán (Argentina)	2003	Identificação de hospedeiros de <i>Phenacoccus</i>	Granara de Willink, 2003
		<u>Tomate</u> (<i>Solanum lycopersicon</i> Mill.)	N.D.	N.D.	Reunião	2011	Identificação da espécie	Germain <i>et al.</i> , 2014a
	<i>solani</i>	<u>Beringela</u> (<i>Solanum melongena</i> L.)	3*	Estufa	Almeria (Espanha)	2011	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Salmerón, 2011
		<u>Pimento</u> (<i>Capsicum annum</i> L.)	IV	Estufa	Kochi (Japão)	2003	Estudo biológico de <i>P. solani</i>	Nakahira e Arakawa, 2006
			N.D.	Ar livre	Israel	2005	Hospedeiros e distribuição da espécie	Ben Dov, 2005

Quadro 4 -Ocorrências de cochonilhas-algodão e sua importância em hortícolas a nível mundial.

<i>solenopsis</i>		IV	Ar livre	Turquia	2006	Primeira referência da espécie no país	Ben Dov, 2006, citado em Kaydan, 2012
		IV	Estufa	Israel	2010	Impacto da praga e possibilidades de luta biológica	Eliyahu <i>et al.</i> , 2010
		5*	Estufa	Almeria (Espanha)	2011	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Salmerón, 2011
		II, III ou IV	Estufa	Almeria (Espanha)	2011	Caracterização de novas cochonilhas-algodão no país	Beltrà e Soto, 2011
	Beringela (<i>Solanum melongena</i> L.)	III ou IV	Ar livre	Multan (Paquistão)	2009	Estudo da importância dos estragos	Arif <i>et al.</i> , 2009
		II	Ar livre	Índia Central	2010	Importância económica da praga	Vennila <i>et al.</i> , 2010
		III ou IV	N.D.	Sul do Irão	2012	Hospedeiros de <i>P. solenopsis</i>	Fallahzadeh <i>et al.</i> , 2014
		N.D.	Ar livre	Turquia	2013	Primeira referência da espécie no país	Kaydan <i>et al.</i> , 2013
	Couve (<i>Brassica oleracea</i> L.)	IV	Ar livre	Vadodara (Índia)	2012	Estudo da importância dos estragos	Singh e Gandhi, 2012
	Malagueta (<i>Capsicum frutescens</i> L.)	I	Ar livre	Multan (Paquistão)	2009	Estudo da importância dos estragos	Arif <i>et al.</i> , 2009
		II	Ar livre	Índia Central	2010	Importância económica da praga	Vennila <i>et al.</i> , 2010
		4	Ar livre	Ogbomoso, Abeokuta e Ibadan (Nigéria)	2011	Hospedeiros de <i>P. solenopsis</i>	Pitan <i>et al.</i> , 2011
		I	N.D.	Sul do Irão	2012	Hospedeiros de <i>P. solenopsis</i>	Fallahzadeh <i>et al.</i> , 2014
	Melancia (<i>Citrullus lanatus</i> Matsum. & Nakai)	I	Ar livre	Multan (Paquistão)	2009	Estudo da importância dos estragos	Arif <i>et al.</i> , 2009
		I	N.D.	Sul do Irão	2012	Hospedeiros de <i>P. solenopsis</i>	Fallahzadeh <i>et al.</i> , 2014
	Pimento (<i>Capsicum annum</i> L.)	N.D.	Ar livre	Turquia	2013	Primeira referência da espécie no país	Kaydan <i>et al.</i> , 2013
	Tomate (<i>Solanum lycopersicon</i> Mill.)	IV	Ar livre	Espírito Santo (Brasil)	2005	Identificação da espécie	Culik e Gullan, 2005
		N.D.	N.D.	Seicheles	2007	Identificação da espécie	Germain <i>et al.</i> , 2014b
		I	Ar livre	Multan	2009	Estudo da importância dos	Arif <i>et al.</i> , 2009

Quadro 4 -Ocorrências de cochonilhas-algodão e sua importância em hortícolas a nível mundial.

				(Paquistão)				estragos
			IV	Ar livre	Índia Central	2010	Importância económica da praga	Vennila <i>et al.</i> , 2010
			3	Ar livre	Ogbomoso, Abeokuta e Ibadan (Nigéria)	2011	Hospedeiros de <i>P. solenopsis</i>	Pitan <i>et al.</i> , 2011
			I	N.D.	Sul do Irão	2012	Hospedeiros de <i>P. solenopsis</i>	Fallahzadeh <i>et al.</i> , 2014
			IV	Ar livre	Vadodara (Índia)	2012	Estudo da importância dos estragos	Singh e Gandhi, 2012
			N.D.	Ar livre	Turquia	2013	Primeira referência da espécie no país	Kaydan <i>et al.</i> , 2013
			IV	Ar livre	Egipto	2015	Primeira referência da espécie no país	Ibrahim <i>et al.</i> , 2015
	peruvianus	Pimento (<i>Capsicum annum</i> L.)	5	Estufa	Viena (Áustria)	2014	Primeira referência da espécie no país (impacto económico)	Malumphy <i>et al.</i> , 2015
Planococcus	citri	Batata (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	N.D.	Estufa	Holanda	1963 (?)	Hospedeiros de <i>P. citri</i>	Jansen, 2004
		Beringela (<i>Solanum melongena</i> L.)	5*	N.D.	Cuba	2003	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Rodríguez <i>et al.</i> , 2003
		Melão (<i>Cucumis melo</i> L.)	3*	Estufa	Almeria (Espanha)	2011	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Salmerón, 2011
		Melancia (<i>Citrullus lanatus</i> Matsum. & Nakai)	4*	Estufa	Almeria (Espanha)	2011	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Salmerón, 2011
		Pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.)	N.D.	Estufa	Holanda	1963 (?)	Hospedeiros de <i>P. citri</i>	Jansen, 2004
			4*	Estufa	Almeria (Espanha)	2011	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Salmerón, 2011
Pseudococcus	comstocki	Tomate (<i>Solanum lycopersicon</i> Mill.)	1*	Estufa	Canárias (Espanha)	2011	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Salmerón, 2011
		Pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.)	1*	Estufa	Canárias (Espanha)	2011	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Salmerón, 2011
	viburni	Batata (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	N.D.	Ar livre	Espírito Santo (Brasil)	2005	Identificação da espécie	Culik e Gullan, 2005
		Tomate (<i>Solanum lycopersicon</i> Mill.)	N.D.	Estufa	Holanda	1959 (?)	Hospedeiros de <i>P. viburni</i>	Jansen, 2004

Quadro 4 -Ocorrências de cochonilhas-algodão e sua importância em hortícolas a nível mundial.

		N.D.	Estufa	Holanda	1995	Caracterização da praga	Schoen e Martin, 1999
		N.D.	Estufa	França	1997	Caracterização da praga	
		III ou IV	Estufa	Reino Unido	1998	Importância económica	Jacobson, 2002
<i>longispinus</i>	Feijão-verde (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	I	Estufa	Madeira (Portugal)	1999	Principais pragas	Aguiar, 1999
	Pimento (<i>Capsicum annuum</i> L.)	I	Estufa	Madeira (Portugal)	1999	Principais pragas	Aguiar, 1999
		3*	N.D.	Cuba	2003	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Rodríguez <i>et al.</i> , 2003
	Tomate (<i>Solanum lycopersicon</i> Mill.)	I	Estufa	Madeira (Portugal)	1999	Principais pragas	Aguiar, 1999
<i>jackbeardleyi</i>	Tomate (<i>Solanum lycopersicon</i> Mill.)	N.D.	N.D.	Reunião	2013	Identificação da espécie	Germain <i>et al.</i> , 2014a
<i>elisae</i>	Batata-doce (<i>Ipomoea batatas</i> L.)	3*	N.D.	Cuba	2003	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Rodríguez <i>et al.</i> , 2003
<i>Saccharicoccus</i>	<i>sacchari</i>						
	Feijão-verde (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	5*	N.D.	Cuba	2003	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Rodríguez <i>et al.</i> , 2003
	Pimento/ Malagueta (<i>Capsicum annuum</i> L.)	3*	N.D.	Cuba	2003	Importância relativa das cochonilhas-algodão	Rodríguez <i>et al.</i> , 2003

Legenda: Nível de infestação

Escalas quantitativas (dimensão da população ou frequência relativa de uma espécie de cochonilha-algodão em relação ao total de cochonilhas-algodão recolhidas) Escala qualitativa (dimensão do estrago)	1	2	3	4	5	N.D. ou ?
	<3 por folha	<10 por folha	11-25 por folha	25-50 por folha	>50 por folha	Informação inexistente
	1*	2*	3*	4*	5*	
	1-5%	5,1-30%	30,1-50%	50,1%-75%	>75%	
	P	I	II	III	IV	
	Inimigo potencial	Estrago/infestação inexistente ou ligeira Inimigo ocasional	Estrago/infestação moderada Inimigo ocasional	Estrago/infestação grave Inimigo ocasional	Estrago/infestação severa Inimigo-chave	

3.4. Estragos e dispersão das cochonilhas-algodão

As cochonilhas-algodão alimentam-se, no floema, de seiva elaborada, através de uma armadura bucal picadora-sugadora, projetando o excesso de água, açúcar e alguns aminoácidos, em excreções açucaradas designadas por melada, que se depositam nas folhas e frutos do hospedeiro. Por vezes, a melada é aproveitada por formigas, que interagem benéficamente com as cochonilhas-algodão, mantendo-as saudáveis e protegidas de predadores e parasitóides. Dependendo da forma como o estrago é provocado, este pode denominar-se de direto ou indireto, sendo tanto mais importante quanto maiores forem as populações de cochonilhas-algodão e de formigas. Entre os estragos diretos, contam-se o amarelecimento das folhas e desfoliação, redução de crescimento e, em casos extremos, a morte do hospedeiro, em resultado da alimentação do inseto (redução do fluxo de seiva no hospedeiro) (Golan, 2008). O estrago indireto resulta da colonização da melada, excretada para as folhas e frutos situadas abaixo das colónias, por fungos saprófitas, como é o caso da fumagina e de *Botrytis cinerea* Pers., que reduzem a capacidade fotossintética da planta e desvalorizam comercialmente os frutos (Ivars e Sánchez, 2012) ou da transmissão de vírus, como o do enrolamento, na vinha (Culik e Gullan, 2005). No entanto, e até ao momento, não há registo de transmissão de vírus por cochonilhas-algodão em culturas hortícolas. Malumphy *et al.* (2015) referem que populações elevadas da cochonilha-algodão *P. peruvianus* (atingindo 100 indivíduos por folha), numa estufa na Áustria, tinham retardado significativamente o crescimento de pimento e desvalorizado comercialmente alguns frutos, tendo obrigado o produtor a acabar a cultura mais cedo. Culik e Gullan (2005) referem que *P. solenopsis* originou a deformação e distorção do meristema terminal em tomate, mas sem que fossem visíveis efeitos significativos sobre o crescimento e produção, devido à existência de outros fatores limitantes (carências hídricas, nutricionais e de radiação) e de terem sido realizadas podas para controlar as populações da praga. Jacobson (2002) verificou que, no Reino Unido, em 1998, infestações de *P. viburni*, em tomate protegido, resultaram em ramos danificados, melada, infeções por *B. cinerea* e morte de plantas. Segundo o mesmo autor, a dispersão da praga entre estufas foi principalmente devida ao transporte de plantas ornamentais infestadas para o interior dos viveiros, à reutilização de equipamento de rega ou caixas de colheita sem serem previamente desinfetadas e ao transporte não intencional (por adesão) das massas de ovos de cochonilhas-algodão pelos trabalhadores agrícolas e pássaros para estufas com plantas sãs. A monitorização da cultura confirmou que a praga sobrevivia entre campanhas sobre a forma de ovos ou como fêmea adulta, durante o inverno, no solo, nas raízes ou na sua proximidade, sobretudo nas armações de betão que suportam a cobertura das estufas (tipicamente de vidro), nas paredes das estufas e no interior dos gotejadores, mas também no substrato (lã-de-rocha), nas caixas de colheita, no fio de tutorar e detritos vegetais. No início da campanha, os ovos eclodiam com o aumento da temperatura, e as ninfas deslocavam-se para plantas jovens, formando populações crescentes da praga. Eliyahu *et al.* (2010) verificaram que as fêmeas adultas de *P. solani* podiam hibernar, durante o inverno, no solo, nas raízes ou na sua proximidade e que sobreviviam, durante a fase de repouso de pimento (julho a agosto), ao verão tórrido da região do vale de Arava e do Jordão (Israel) (onde as temperaturas diárias variavam entre os 17 e 47°C), em detritos vegetais sob o solo.

3.5. Medidas profiláticas e meios de proteção diretos

A prevenção de problemas fitossanitários com cochonilhas-algodão passa pela realização de adubações e uma gestão cultural e fitossanitária equilibradas. A realização de fertilizações azotadas em excesso, assim como, de esladroamentos excessivos podem favorecer a proliferação das populações de cochonilhas-algodão, uma vez que a cultura estará mais atrativa para os insetos picadores-sugadores (Ivars e Sánchez, 2012). Além da gestão adequada da cultura, Jacobson (2002) recomendava não introduzir plantas ornamentais no interior de viveiros, a restrição de movimento de material vegetal e equipamento proveniente de zonas infestadas e a visita dos locais infestados no fim do dia e com roupa adequada (comprida e descartável). A cobertura da armação de betão de suporte de estufas, com histórico da praga, feita com filme de plástico e uma camada de tinta ou cola espessa, assim como, o cobrimento de potenciais orifícios utilizados pela praga com cola, apesar de eficazes, tinham um custo elevado e necessitavam de muita mão-de-obra.

A restrição a produtos fitofarmacêuticos (alguns organofosforados e neonicotinóides) na União Europeia, devido ao desenvolvimento de resistência e a um maior conhecimento acerca do seu impacto na saúde humana, noutros seres vivos (como por exemplo, os polinizadores) e no ambiente de uma forma geral, vieram limitar o leque de opções de luta química passíveis de ser utilizadas pelos agricultores no combate às cochonilhas-algodão. Assim, e devido ao facto desta praga ser considerada de importância secundária em culturas hortícolas protegidas, em Portugal, não existem inseticidas homologados para o seu combate, em tomate nem outra cultura hortícola (DGAV, 2015). Em Espanha, em 2011, estavam homologados para o efeito o óleo de verão, diversos neonicotinóides, piretrinas naturais e piriproxifeno, clorpirifos e buprofezina (Salmerón, 2011). Todavia, o aumento de incidência das cochonilhas-algodão, especialmente *P. solani* e *P. madeirensis*, em pimento protegido na região de Almeria (Espanha), nos últimos anos, implicou a homologação de espirotetramato (MAGRAMA, 2015). Na Índia e no Paquistão, Fand e Suroshe (2015) verificaram que para combater *P. solenopsis*, até 2011, se usava principalmente luta química, com impactos muito significativos na população de auxiliares dessa praga, dos quais se destacavam o parasitóide *Aenasius bambawalei* Hayat (Hymenoptera: Encyrtidae) e predador *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae), por consequência da utilização de neonicotinóides (imidaclopride, tiametoxame e acetamiprida), de organofosforados (diclorvos, quinalfos, triazofos, malatião, profenofos, monocrotofós, acefato, clorpirifos e demetão-S-metil), de piretróides (alfametrina, buprofezina, cipermetrina e deltametrina) e de um organoclorado (endossulfão). No Reino Unido, Jacobson (2002) verificou que a utilização de inseticidas contra *P. viburni* não era eficaz. Contudo, de entre várias opções, aconselhou buprofezina, por ter sido a que provocou menor impacto na luta biológica de outras pragas. Complementarmente, aconselhava-se a eliminação de todos os estados móveis, duas semanas antes das culturas serem retiradas do solo. Esta prática tinha a finalidade de minimizar a sobrevivência dos ovos entre campanhas. Quando a praga reaparecia na nova campanha aconselhava-se a realização de dois tratamentos contra as ninfas de primeira geração, devendo no entanto, os produtores estar cientes de que o uso repetido do mesmo inseticida ao longo da campanha não era aconselhável, devido ao risco de desenvolvimento de

resistência. A eliminação das cochonilhas-algodão por queima, através de um maçarico, por aspersão de óleos/detergentes ou por fricção manual, apesar de menos eficazes, controlaram as populações da praga e, impediram a ocorrência de prejuízos e não afetaram significativamente as populações dos agentes de luta biológica. Por outro lado, apresentaram maior custo e elevada necessidade de mão-de-obra.

Em alternativa à luta química, tem-se procurado outras táticas, como por exemplo a luta biológica. A luta biológica contra cochonilhas-algodão, em culturas protegidas, tem sido efetuada principalmente através de tratamento biológico com parasitóides dos géneros *Acerophagus* Smith, *Anagyrus* Howard, *Leptomastidea* Mercet, e *Leptomastix* Forster (Hymenoptera: Encyrtidae) (Ivars e Sánchez, 2012). Com base no efeito da temperatura no desenvolvimento dos parasitóides, no leque de hospedeiros parasitados (*Planococcus* spp. e/ou *Pseudococcus* spp.) e nas taxas de encapsulação de ovos, verificou-se que as três espécies de parasitóides *Aenasius phenacocci* Ashmead (espécie proveniente da Califórnia), *Leptomastix ephyra* Noyes e Hayat, e *Leptomastix algerica* Trjapitzin tinham condições para ser utilizadas em largadas aumentativas contra *P. solani*, em culturas hortícolas protegidas, em Israel (Eliyahu *et al.*, 2010). Para a luta biológica contra as duas principais espécies de cochonilhas-algodão que afetam solanáceas protegidas na Península Ibérica, *P. solani* e *P. madeirensis*, encontrou-se, até ao momento, uma solução para *P. solani* com o parasitóide *L. algerica* (Ivars e Sánchez, 2012). Existem como opções comerciais para a luta biológica contra as cochonilhas-algodão: o predador coccinélido *C. montrouzieri*, os parasitóides encirtídeos *Leptomastix dactylopii* Howard e *Anagyrus* sp. near *pseudococci* (Girault), o fungo entomopatogénico *Beauveria bassiana* (Bassiano) Vuillemin, e mais recentemente o parasitóide *L. algerica* (Salmerón, 2011). Jacobson (2002) comprovou que a luta biológica contra a praga não foi eficiente no Reino Unido, provavelmente devido à ausência das condições necessárias ao desenvolvimento dos inimigos naturais, especialmente parasitóides. A utilização de outros parasitóides como *Anagyrus loeckii* Noyes e Menezes revelou-se eficaz em programas de luta biológica clássica para a cochonilha-algodão *P. marginatus*, em vários países, assim como para *P. madeirensis* nos EUA, enquanto que *Anagyrus amnestos* Rameshkumar, Noyes e Poorani se revelou eficaz contra *P. madeirensis* nos EUA (Rameshkumar *et al.*, 2013). O parasitóide *A. amnestos* apresenta elevada seletividade e taxa de parasitismo para *P. madeirensis*.

4. Agricultura de precisão

A necessidade de aumentar a produção alimentar por forma a satisfazer uma população crescente e a maior consciencialização da finitude dos recursos do planeta, resultou no desenvolvimento da “agricultura de precisão”, uma nova área de estudo onde a aplicação de tecnologias como os *drones*, os satélites espaciais, a termografia, a fluorescência ou a espectrometria são integradas na atividade agrícola, com o objetivo de localizar e corrigir carências nutricionais/hídricas, problemas fitossanitários ou topográficos, entre outros, contribuindo efetivamente para uma maior racionalização dos recursos e para um aumento de produtividade das culturas.

4.1. Espectroscopia de refletância

Apenas 5% do total da radiação solar que chega ao planeta é aproveitada pelas plantas para a realização da fotossíntese. Isto ocorre principalmente devido ao facto de os pigmentos fotossintéticos presentes nas folhas não absorverem a maior parte da radiação nos comprimentos de onda do ultravioleta (<400nm) e infravermelho (>700nm). Apenas os fotões na região PAR (400-700nm) - radiação fotossinteticamente ativa - são utilizados na fotossíntese, sendo 85-90% desses absorvidos pela clorofila e pigmentos acessórios e o remanescente, a maioria na região do espectro verde (uma vez que a clorofila absorve principalmente na região do azul e do vermelho) refletido ou transmitido, respetivamente, pela ou através da folha (Taiz e Zeiger, 2002). Essa reflexão de radiação predominantemente no espectro verde resulta precisamente na perceção pela visão humana de uma folha saudável como sendo verde escura. Um dos aspetos mais importantes que afetam a qualidade da luz visível refletida pelas folhas, assim como a taxa fotossintética de uma planta, são os pigmentos fotossintéticos, destacando-se o conteúdo foliar em clorofila (EUSU, 2015). Este sofre alterações programadas celularmente (processos de senescência) ao longo do desenvolvimento de uma planta, mas também pode ser modificado devido a stresses abióticos (como, por exemplo, carências nutricionais e hídricas) e bióticos (como fitofagias e infeções por patógenos) (Golan *et al.*, 2015). Uma diminuição no conteúdo de clorofila das folhas significa que estas fisiologicamente serão menos saudáveis, contribuindo para alterações na qualidade de luz refletida/absorvida, uma vez que as folhas tenderão a absorver e a refletir, respetivamente, menos e mais radiação no espectro vermelho. Assim, as folhas tenderão a ser percecionadas pela visão humana como tendo uma cor mais amarelada ou acastanhada do que a folha tipicamente saudável e verde. À semelhança da radiação PAR, a radiação NIR (infravermelho próximo) também permite, através do estudo espectral, diagnosticar, sem destruição de material vegetal, o seu estado de saúde e possíveis causas de deterioração. A existência em folhas saudáveis de uma arquitetura interna composta de células da epiderme organizadas, sem espaços intercelulares (ocupados por ar) entre si (exceto na proximidade dos estomas), faz com que neste caso a radiação NIR (não visível) tenda a ser transmitida e refletida, equitativa e respetivamente, através e pela folha, em resultado da sua interação com o parênquima lacunoso. No entanto, à medida que a saúde da folha se deteriora, o número de espaços intercelulares ocupados por ar aumenta e a constituição bioquímica da mesma altera-se, resultando

num incremento e redução, respetivamente, da energia refletida e transmitida, devido a diferenças nos índices de refração dos espaços intercelulares e das células hidratadas das paredes celulares (Liew *et al.*, 2008). Assim, a refletância pelas folhas vai depender das propriedades físico-químicas da superfície foliar (como, por exemplo, a espessura cuticular ou presença/ausência de ceras, cristais de sal, pelos ou tricomas) e da arquitetura interna (como é o caso do rácio da área superficial do mesófilo exposta ao ar dos espaços intercelulares por unidade de área foliar) e da composição bioquímica das mesmas (por exemplo, o conteúdo em clorofila) (Liew *et al.*, 2008).

A espectroscopia é uma técnica científica que se baseia no estudo das propriedades óticas da matéria, através da sua interação com diferentes frequências do espectro eletromagnético (MIT, 2004). A sua utilização revela na Horticultura condições para revolucionar a gestão de culturas comercialmente importantes, uma vez que potencialmente permitirá a deteção precoce de problemas bióticos e abióticos, em estados fenológicos culturalmente importantes ou sensíveis aos mesmos, com impactos importantes na produção e/ou qualidade final dos produtos vegetais. No entanto, a utilização dessas técnicas revela uma elevada quantidade de dados e de uma grande variabilidade associada (entre as quais, a influência de efeitos não controláveis, como o ambiente e o ruído associado ao equipamento utilizado), implicando a necessidade de um bom delineamento experimental e bons conhecimentos de análise espectral para se obter bons resultados (Afonso, 2015). Um dos métodos mais utilizados na análise de dados espectrais é a análise de componentes principais (PCA - *Principal Component Analysis*), na qual se utilizam as correlações entre variáveis, para decompor a informação em direções (componentes) que maximizem a variância e permitam a dedução de padrões (Raschka, 2015).

5. Materiais e métodos

5.1. As cochonilhas-algodão em culturas protegidas no Oeste

5.1.1. Inquéritos

A identificação das explorações de cultura protegida de hortícolas nas quais já haviam ocorrido problemas com cochonilhas-algodão e a determinação da importância desta praga na região foram feitas através de inquéritos (ver questionário **Anexo 1**). Os inquéritos realizaram-se principalmente em centrais hortofrutícolas da região Oeste, durante a entrega para leilão dos produtos hortícolas (**Figura 8**), mas também presencialmente, em saídas de campo, e em entrevistas telefónicas. Uma vez que a maioria dos produtores desconhecia esta praga, sempre que era realizado um inquérito era mostrada uma imagem de cochonilhas-algodão (Figura 1), com o intuito de fornecer uma referência visual. Para evitar que o inquérito fosse moroso e para direcioná-lo aos produtores que já tinham tido problemas com esta praga, foi realizada a pergunta: "Já alguma vez teve ataques de cochonilhas-algodão nas suas estufas?". Quando a resposta do produtor era negativa terminava-se o inquérito, registando-se apenas informações acerca da localização das estufas da sua exploração agrícola. As informações relativas à localização das estufas foram tratadas de forma anónima e permitiram, posteriormente, construir um mapa com a distribuição regional da importância das cochonilhas-algodão.



Figura 8 - Local de entrega, para leilão, de produtos hortícolas na central hortofrutícola "Frutas Patrícia Pilar, Lda." (original do autor).

5.1.2. Prospeção

As amostragens com vista à prospeção de cochonilhas-algodão foram realizadas em explorações agrícolas do Oeste especializadas na produção de tomate protegida, nas quais já haviam sido referenciados ataques de cochonilhas-algodão. A identificação das explorações foi realizada com base nos inquéritos referidos em 5.1.1. ou com base em informação disponibilizada por técnicos da região que providenciam assistência aos produtores. A inspeção das plantas foi feita ao nível da página inferior das folhas (principalmente das basais) e bainhas, sépalas dos frutos e do colo do caule, uma vez que as cochonilhas-algodão tendem a localizar-se frequentemente nestes órgãos da planta. Quando detetada a presença de cochonilhas, dependendo do estado de desenvolvimento em que se encontrava, o exemplar era colocado num tubo de *Eppendorf* com solução de ácido acético e etanol (4:1) para preservação, no caso das fêmeas adultas. As ninfas eram recolhidas juntamente com o órgão colonizado e colocadas em caixa de plástico para criação em laboratório, até atingirem o estado adulto, uma vez que é difícil a identificação destes insetos no estado de ninfa. Idealmente eram recolhidos, por estufa prospetada, um mínimo dez exemplares.

5.1.3. Monitorização da dinâmica de infestação na cultura do tomate em estufa

As **Figuras 9 e 10** correspondem a imagem aérea das duas explorações hortícolas e as estufas onde foram efetuadas as amostragens para monitorização de populações de cochonilhas-algodão em plantas marcadas. A decisão de efetuar as amostragens nestas explorações baseou-se no histórico de ocorrências de cochonilhas-algodão. O modo de produção de tomate nos dois produtores era distinto: o produtor A produzia em substrato de fibra-de-coco em estufas de módulos múltiplos do tipo semi-circular, com janelas laterais e zenitais, em armação de aço galvanizado e cobertura de filme de plástico polietileno; o produtor B produzia no solo, em estufas de módulos múltiplos do tipo capela, apenas com janelas laterais, em armação de madeira de eucalipto e cobertura de filme de plástico polietileno (**Figura 11**).

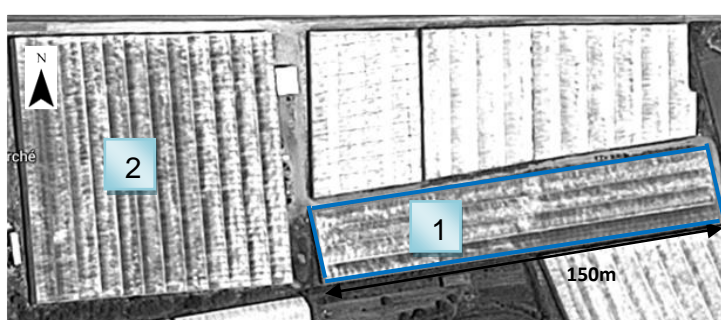


Figura 9 - Fotografia aérea de uma das estufas acompanhadas na exploração do produtor A (estufa 1). Fonte: *Google Earth*

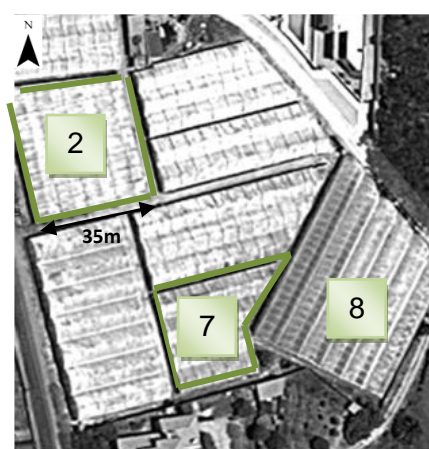


Figura 10 - Fotografia aérea de duas estufas acompanhadas na exploração do produtor B (estufas 2 e 7). Fonte: *Google Earth*

As amostragens foram realizadas aproximadamente de três em três semanas. Durante a primeira campanha (janeiro a junho), foram feitas na estufa 7 do produtor B e estufa 1 do produtor A. Na segunda campanha (julho a dezembro), foram feitas na estufa 2 do produtor B e estufa 1 do produtor A. A marcação das plantas, a seguir ao longo do ensaio, foi efectuada, através de fita sinalizadora, distribuindo-as de forma aleatória nas estufas, mas tentando amostrar a maior área da estufa possível. Na estufa 1 do produtor A foram amostradas 50 plantas, enquanto nas estufas 7 e 1 do produtor B foram amostradas, respectivamente, 51 e 50 plantas. As observações foram efectuadas num único braço de cada tomateiro (já que a maior parte dos produtores conduzem as plantas em dois, três ou quatro braços) e com maior esforço de amostragem no terço basal das plantas. Sempre que se detetava indivíduos de cochonilhas-algodão numa das plantas amostradas, o número era contabilizado e registado numa ficha, não se fazendo recolha. Foi pedido a cada produtor informações acerca dos tratamentos fitossanitários e práticas de gestão das estufas em estudo (disponíveis nos cadernos de campo). Mediu-se a temperatura e humidade relativa com um termohigrómetro uma vez por mês. As medições foram realizadas ao final da tarde, para o produtor A, e ao final da manhã, para o produtor B, uma vez que era fisicamente impossível estar em dois locais ao mesmo tempo.

Para além da realização das amostragens em plantas marcadas, foram também realizadas nas mesmas estufas, amostragens em plantas não marcadas escolhidas ao acaso, através da recolha de cerca de 50 folhas de tomateiro e colocação em caixa de plástico com abertura tapada com rede para ventilação para posterior observação à lupa binocular em laboratório com vista à identificação e



Figura 11 - Uma das estufas acompanhadas nas amostragens em plantas marcadas (estufa 2) (original do autor).

contabilização de cochonilhas-algodão eventualmente presentes. Com esses dados pretendeu-se também correlacionar estes dados com os resultados obtidos nas amostragens em plantas marcadas.

5.1.4. Padrão de distribuição espacial na cultura de tomate em estufa

O estudo do padrão de distribuição espacial das cochonilhas-algodão, na cultura do tomate em estufa, foi feita através da estimativa do índice de agregação, usando a lei da potência de Taylor. Para o efeito usaram-se os dados relativos às datas em que se observaram indivíduos de primeiro, segundo ou terceiro instar ninfal, nas quatro estufas amostradas (produtores A e B), ou seja oito datas, e calcularam-se as médias e variâncias correspondentes. A contabilização extraordinária de plantas na estufa 7 efetuada em algumas das datas durante a primeira campanha de produção, devido à existência de plantas infestadas numa zona da estufa que não estava a ser amostrada, foi incluída na análise do índice de agregação. Só se contabilizaram as datas em que se observaram cochonilhas-algodão, nomeadamente para permitir a necessária transformação logarítmica dos dados. A estimativa do índice de agregação foi feita através de regressão linear entre a média e variância do número de cochonilhas por unidade de amostragem, após transformação logarítmica dos dados. Taylor demonstrou que a variância (s^2) está relacionada com a densidade média de amostragem (\bar{x}) de acordo com a equação $s^2 = ax^b$, em que b é o índice de agregação da população amostrada e a é um fator de conversão relacionado com o ambiente, procedimento amostral e/ou a unidade de amostragem utilizados (Cho *et al.*, 1998; Clark e Perry, 1994). Uma população tem uma distribuição espacial uniforme, quando o declive é inferior a um, aleatória, quando é igual a um, ou agregada, quando é superior a um (Fathi e Bakhshizadeh, 2014). A estimativa do índice agregação pode ser feita através regressão linear, após transformação logarítmica dos dados, uma vez que $\log s^2 = a + b \log \bar{x} + \epsilon_i$. Utilizou-se o programa estatístico IBM SPSS versão 22.0.

5.2. Emergência de parasitóides

Exemplares de cochonilhas-algodão, *P. viburni* e *P. madeirensis*, foram mantidos no interior de caixas preparadas para a emergência de eventuais parasitóides. Os indivíduos amostrados foram recolhidos nas prospeções realizadas na região Oeste (5.1.2). Os indivíduos da espécie *P. viburni* foram também recolhidos no ensaio de medição da refletância de folhas de tomateiro realizado no Algarve (5.2). A incubação e emergência de parasitóides de cochonilhas-algodão, provenientes de estufas produtoras de tomate da região Oeste, foram realizadas em folhas e partes de material vegetal infestado, mantidas em caixas de plástico transparente com rede para ventilação. No caso dos parasitóides provenientes do ensaio realizado no Algarve, foram obtidos de plantas inteiras infestadas com cochonilhas-algodão, assim como outras pragas, em caixas de acrílico transparente (**Figura 12**) com capacidade para acomodar quatro a cinco plantas adultas (altura média das plantas de aproximadamente 40cm).



Figura 12 - Exemplo de caixa utilizada para a incubação e emergência de parasitóides (original do autor).

Ao longo de várias semanas, a emergência de parasitóides foi monitorizada três vezes por semana ao longo de dois meses. Os insetos foram recolhidos, com o auxílio de um pincel humedecido em etanol ou por aspiração, para o interior de tubos de *Eppendorf* com etanol a 70%, para posterior identificação. Cada tubo *Eppendorf* foi rotulado com o número da caixa e a data de recolha, por forma a facilitar a identificação do hospedeiro do parasitóide recolhido.

5.3. Preparação microscópica e identificação das espécies de cochonilhas-algodão

A preparação microscópica das cochonilhas-algodão baseou-se no método descrito por Williams e Watson (1990). As cochonilhas-algodão recolhidas foram colocadas numa solução de ácido acético e etanol (4:1) em tubos *Eppendorf* para que pudessem ser preservadas até ao dia da sua preparação. Esta solução tem como objetivo degradar as ceras segregadas e excreções açucaradas libertadas pelo inseto no corpo, assim como impurezas. No dia da preparação microscópica foram realizadas duas perfurações na região dorsal do mesotórax, de modo a que o conteúdo interno destes insetos pudesse ser expelido e facilitasse a clarificação. Seguidamente, as cochonilhas-algodão foram diafanizadas em hidróxido de potássio (10%) durante 10 minutos e estas foram cuidadosamente espalmadas contra as paredes do recipiente, por forma a facilitar a remoção do conteúdo interno. Posteriormente foram realizadas quatro lavagens, duas com água destilada morna, uma com etanol (96%) e uma com carbol-xileno, sendo que em cada passo o exosqueleto foi cuidadosamente pressionado contra a superfície da tina, por forma a retirar impurezas, gotas cerosas e gotas de lípidos que se encontrassem no interior do seu corpo. Seguidamente, foi feita uma desidratação com etanol (50%) e ácido acético (4:1), seguida de coloração em fucsina ácida (**Figura**

13). Foram realizadas mais desidratações em etanol a 96% e absoluto e feita a clarificação com eugenol (óleo de cravinho). Para a preparação microscópica, em lâmina e lamela, colocaram-se duas gotas de bálsamo do Canadá, por lâmina, onde se imergiram as cochonilhas-algodão e sobre as quais se colocou uma lamela. A identificação foi feita com base em Williams e Granara de Willink (1992). Durante a preparação e identificação de cochonilhas-algodão, assim como, na identificação de formigas, houve colaboração da Eng. Vera Zina.



Figura 13 - Preparação microscópica de cochonilha-algodão (original do autor).

5.4. Medição da refletância de folhas de tomateiro

5.4.1. Planeamento do ensaio

Foi realizado um ensaio de seis semanas (de 17 de Agosto a 10 de Outubro), na *Direção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve* (DRAPA), com 30 plantas envasadas numa mistura de fibra-de-coco e substrato vegetal (proporção 1:1) e tutoradas com cana de bambu. Definiram-se dois níveis de infestação com *P. viburni*: (i) sem cochonilhas-algodão; (ii) com posturas de cochonilhas-algodão. As principais razões para a colocação das plantas em vasos e a realização de tutoragem, foram ter maior controlo ambiental e menor risco de ocorrência de doenças do rizoplasma e nematodes, maior controlo de humidade e de doenças do fitoplasma, como o oídio (*Leveillula taurica* [Lév.] G. Arnaud e *Oidium lycopersici* Cooke e Massee), o míldio (*Phytophthora infestans* [Mont.] de Bary) e a podridão cinzenta (*B. cinerea*). Foram usados vasos de cor diferente consoante o tratamento: verde para plantas testemunha e laranja para plantas infestadas. As plantas de cada tratamento foram numeradas de um a 15, tendo a sua ordem no ensaio sido definida aleatoriamente por forma a eliminar possíveis efeitos ambientais. Cada planta infestada foi inoculada, em condições laboratoriais, com três posturas de *P. viburni*. A necessidade de colocação das plantas com duas a três semanas de idade num ambiente fechado durante a fase de inoculação e colonização das plantas (aproximadamente duas semanas), pelos estados imaturos de cochonilhas-algodão, levou a que fosse colocada uma cobertura sobre os vasos (**Figura 14**), durante a fase de adaptação ao novo local, por forma a protegê-las das elevadas radiações solares e reduzir o impacto do stress de transplantação. A distância na linha e entrelinha foi definida como sendo 80 cm, tendo as



Figura 14 - Talhão com plantas testemunha (vasos verdes) e infestadas (vasos laranja) e com cobertura para reduzir o stress de pós-plantação (original do autor).

plantas sido regadas duas vezes por dia, com rega automática durante cerca de 25 min. Adicionalmente, foi realizada uma adubação com sulfato de amónio, três semanas após o início das medições.

5.4.1. Medição da refletância

A medição da refletância das folhas foi feita com um espectrómetro USB4000 (*Ocean Optics*, EUA), uma fonte de luz de tungsténio-halógeno HL-2000 (*Ocean Optics*, EUA), uma fibra-ótica bifurcada com uma sonda de refletância incorporada QR600-7-VIS-125F (*Ocean Optics*, EUA) (**Figura 15a e b**), um adaptador da sonda de refletância (**Figura 15d**) e com auxílio de um computador portátil com o programa

informático *Ocean Optics Spectra Suite* instalado. O tempo de integração foi definido para seis milissegundos e cada aquisição correspondeu a uma média de 30 espectros. A necessidade de utilizar um adaptador (**Figura 15d**) para a sonda prende-se com a incapacidade da sonda de refletância de manter um espaçamento fixo entre a amostra e as fibras óticas para que houvesse uma sobreposição entre as áreas iluminadas pelas fibras emisoras e a área observada pela fibra recetora (**Figura 15b**). Assim, o adaptador

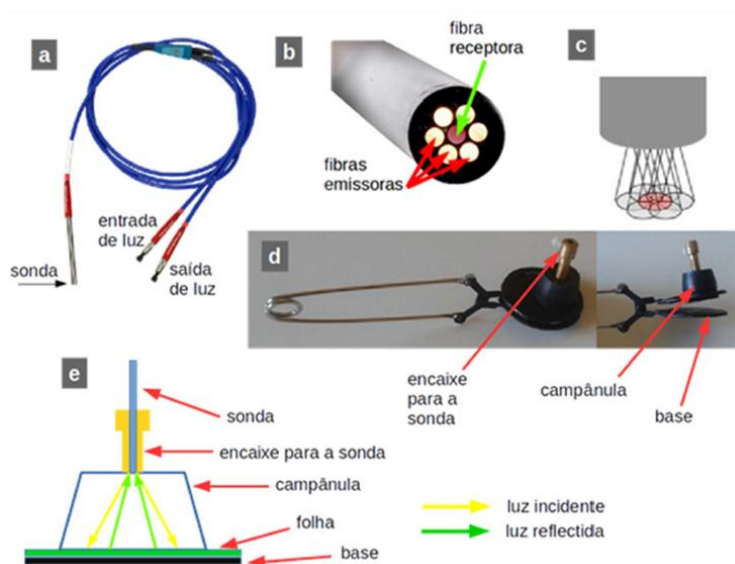


Figura 15 - a) Fibra-ótica bifurcada; b) Sonda com 6 fibras emisoras e 1 fibra recetora de feixes de luz; c) Padrão de iluminação dos feixes de luz de uma sonda; d) Exemplo de adaptador da sonda utilizada e) Ilustração do princípio de funcionamento da sonda (Afonso, 2015).

vai fornecer esse espaçamento de forma reproduzível, possibilitando essa sobreposição, a observação de uma área mais abrangente da folha e a obtenção de um sinal mais estável e menos suscetível a variações locais do tecido da folha.

Para medir o espectro de refletância das folhas foi necessária a preparação do equipamento conforme se pode verificar na **Figura 16**. O espectrómetro foi conectado ao computador portátil e a sonda foi ligada ao espectrómetro através da saída bifurcada da fibra-ótica. Posteriormente, iniciou-se o programa informático *Ocean Optics Spectra Suite*, deixou-se a fonte de luz estabilizar (durante 30 minutos) e foram registadas as contagens escuras (carregando no botão *store dark reference* no programa informático) (**Figura 17a**). A necessidade de medir as contagens escuras está relacionada com a existência de ruído térmico no sensor semiconductor da sonda, do tipo CCD (dispositivo de carga acoplada) linear, e de ruído de leitura (*readout noise*), associado à parte da leitura e

processamento eletrônico da câmara. Idealmente, neste tipo de sensor apenas se acumulariam elétrons nos poços de potencial dos pixéis, quando houvesse incidência de fótons. No entanto, na realidade existem elétrons que são gerados devido à absorção da energia térmica (mesmo em condições de ausência de luz) e este efeito tem que ser eliminado nas medidas. De seguida, ligou-se a segunda saída bifurcada à fonte de luz e obtiveram-se os espectros de referência (carregando no botão *store light reference* no programa informático), através da medição com a sonda, de *Spectralon*, um material que reflete cerca de 99% da radiação no visível e infravermelho próximo - **Figura 17b**. A medição da referência compensa as variações no funcionamento das fontes de luz e/ou do espectrómetro, que afetariam os resultados das medições de refletância. Uma vez conhecidos os espectros de referência e das contagens escuras iniciaram-se as medições da refletância de folhas de tomateiro - **Figura 17c**. A existência de flutuações na temperatura do espectrómetro e da fonte de luz, assim como de ruído de leitura, influenciam o número de contagens, implicando que sejam realizadas remediações de contagens escuras e referência a intervalos regulares. Assim, estabeleceu-se neste caso que seriam remediadas as contagens escuras e referência a, aproximadamente, cada duas linhas de tomateiros. A demonstração da medição de uma folha encontra-se na **Figura 18**, de acordo com o princípio de funcionamento da sonda na **Figura 15e**. Este princípio estabelece que a sonda, quando adaptada à folha (após ser encaixada no adaptador) isola a luz exterior e permite estudar o comportamento ótico da folha, uma vez que as fibras emissoras de luz na sonda estão distribuídas de forma a que a luz projetada sobre a folha seja refletida para uma fibra recetora de luz no centro da sonda, ou transmitida/absorvida através/pela folha - **Figura 15b e c** (Afonso, 2015). As medições da refletância (R) ou transmitância (T) para cada amostra (S) foram convertidas através dos espectros de referência (W) e das contagens escuras (D) para valores próximos da realidade (sem influência de ruídos associados ao equipamento) segundo a fórmula: $R \text{ ou } T = \frac{S-D}{W-D}$.



Figura 16 - Equipamento de medição da refletância (portátil, espectrómetro, fonte de luz e sonda de refletância) (original do autor).

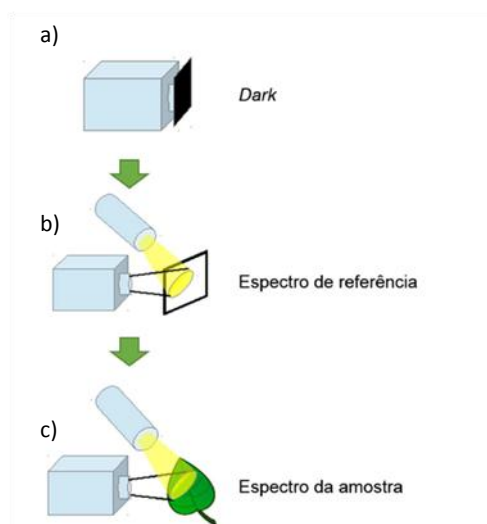


Figura 17 - Procedimento efetuado durante a medição da refletância das folhas. Adaptado de Afonso, 2015.

As medições de refletância decorreram ao longo de seis semanas (nos dias 21 e 31 de agosto, 8, 17 e 25 de setembro e 2 de outubro) tendo sido iniciadas uma semana após o período de

aclimatização das plantas. Adicionalmente, foram também registadas ao longo do período de medições e por planta: a altura, a largura e comprimento da folha fotossinteticamente ativa mais estendida, as principais pragas e a população de cochonilhas-algodão. O primeiro passo das medições de refletância foi marcar duas folhas saudáveis (verdes e com ausência ou reduzidos estragos devido a pragas) por planta, para acompanhamento ao longo da experiência, até que essas ficassem



Figura 18 - Medição da refletância da folha pela sonda de refletância (original do autor).

cloróticas (por envelhecimento ou estragos provocados por pragas ou doenças) ou até que os estragos ocupassem uma elevada área da folha amostrada (como as minas de *T. absoluta* ou triturações causadas pela lagarta *C. chalcites*). Posteriormente, foram adicionadas às folhas que já haviam sido selecionadas, até um máximo de duas folhas por planta, por forma a substituir as folhas danificadas ou uniformizar o número de leituras por planta. Para além das medições de refletância ao longo do tempo, na última semana, foram também medidas por planta até um máximo de cinco folhas (essas foram escolhidas aleatoriamente de ramos diferentes), de acordo com os critérios de seleção definidos anteriormente.

5.5. Análise das medições da refletância de folhas de tomateiros

A análise das medições da refletância de folhas de tomate foi efetuada com base na utilização da linguagem de programação *R* (R core team, 2015), através do programa informático Rstudio. A influência de constantes multiplicativas e aditivas nas medições da refletância (R) devido a ruídos diversos (temperatura, espessura e superfície da folha e efeitos de polarização da luz) é atenuada através da conversão da refletância para absorvância (A) pela aplicação da lei de Beer-Lambert de acordo com a equação: $A = -\log R \leftrightarrow A = \log\left(\frac{1}{R}\right)$. A utilização desta lei permitiu que através das propriedades logarítmicas e posterior derivação (em ordem ao comprimento de onda) pudesse haver a eliminação por etapas dessas constantes e em resultado uma simplificação do modelo. Posteriormente, foi aplicada a correção específica, denominada MSC - *Multiplicative Scatter Correction* (Isaksson e Næs, 1988), baseada numa regressão linear dos espectros ao espectro médio. A existência de ruído nos espectros, isto é, de pequenas flutuações locais, especialmente perto dos extremos da gama de trabalho do espectrómetro, implicou que se fizessem suavizações dos espectros e tanto quanto possível do ruído, através da utilização do filtro de Savitzky-Golay (Savitzky e Golay, 1964). Este filtro ajusta, em cada ponto da curva, um polinómio a um número escolhido de vizinhos. Tem a vantagem de permitir calcular também as derivadas de forma suavizada. A utilização de transformações como a derivação, correção multiplicativa e suavização

teve o intuito de simplificar o modelo e possibilitar a posterior análise PCA. A análise PCA baseia-se na decomposição de dados numa nuvem de pontos (num espaço N-dimensional, em que N é o número de variáveis medidas por amostra) em componentes (direções) principais. A primeira direção principal é aquela em que se verifica a maior variação dos dados; a segunda direção principal é, de entre as direções ortogonais à primeira, a que explica maior variabilidade, e assim sucessivamente. Numa representação espacial, isto significa que se traça um conjunto de vetores ortogonais entre si (o número de vetores vai depender da dimensão do espaço, ou seja, do número de variáveis) que intersectam o máximo número de pontos da nuvem, ou seja, que conseguem explicar a maior parte da variabilidade. No caso tridimensional (três variáveis por amostra) pode ainda dizer-se que a PCA equivale a achar os três eixos do elipsoide que melhor se ajusta à nuvem de pontos. O caso de N variáveis corresponde à generalização a um elipsoide a N dimensões, com N eixos ortogonais. A PCA permite assim comprimir a informação num número reduzido de componentes, o que é particularmente útil para processar dados de elevada dimensionalidade, como é o caso dos dados espectroscópicos.

6. Resultados

6.1. Inquéritos aos produtores

Nos 80 inquéritos realizados, verificou-se que 16% dos produtores inquiridos já tinham tido infestações com cochonilhas-algodão em hortícolas produzidos em estufa. Dos produtores afetados, 40% afirmaram ter tido ataques desta praga apenas uma vez, 30% tiveram ataques duas vezes e os

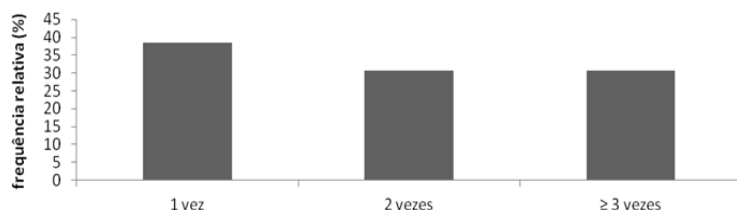


Figura 19 - Frequência relativa do número de vezes que se registaram infestações com cochonilhas-algodão em hortícolas cultivados em estufas/abrigos altos, nos produtores que referiram ter tido ataques de cochonilhas-algodão (N=13 produtores).

restantes 30% três ou mais vezes (**Figura 19**).

A primeira infestação com cochonilhas-algodão foi observada há menos de um ano, em 23% dos produtores; entre um e três anos, em 46% dos produtores; entre os três e os cinco anos, em 23% dos produtores; e há mais de cinco anos, em 8% dos produtores (**Figura 20**).

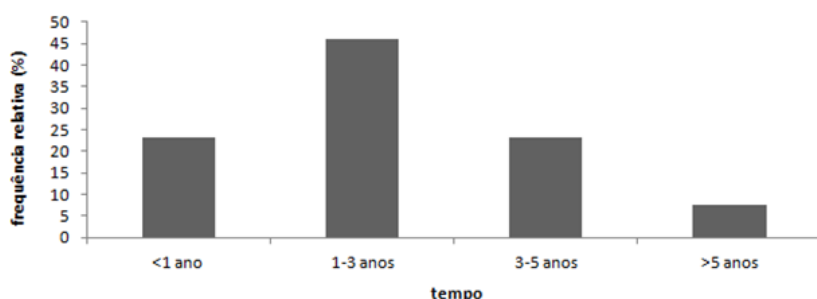


Figura 20 - Frequência relativa do período de tempo em que foi observada, por parte dos inquiridos, a primeira infestação com cochonilhas-algodão em hortícolas cultivados em estufa/abrigo alto.

As culturas onde se observaram mais ataques de cochonilhas-algodão foram tomate (12 produtores afetados), pimento (dois produtores) e beringela (um produtor). A distribuição espacial dos ataques da praga nas estufas foi de dois tipos: ataque localizado numa ou duas linhas (sete produtores) ou generalizado por toda a estufa (seis produtores).

As principais substâncias ativas utilizadas na luta química contra as cochonilhas-algodão foram a piriproxifena (quatro produtores) e o espirotetramato (três produtores), tendo sido também utilizadas o clorpirifos (dois produtores) e a flonicamida (um produtor) (**Figura 21**). Alguns produtores (quatro produtores) decidiram que não valia a pena aplicar nenhum produto fitossanitário. Outros (dois produtores) não se recordavam do tratamento aplicado.

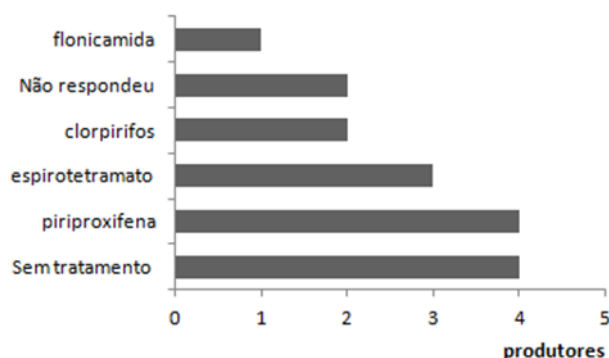


Figura 21 - Distribuição de frequência de utilização de inseticidas pelos produtores no combate a cochonilhas-algodão em hortícolas de estufa/abrigo alto (N=13 produtores).

Não se obteve homogeneidade de opiniões, entre os produtores, em relação à importância que a cochonilhas-algodão tinha nas suas estufas. Cinco produtores consideraram que a importância da praga tinha vindo a diminuir nas suas estufas, outros quatro consideraram que a importância da praga se manteve e quatro referiram que a importância da praga tinha vindo a aumentar.

Da análise da distribuição das estufas pelas freguesias da região Oeste foi possível verificar que a maior incidência da praga se regista na Silveira, União de freguesias de A dos Cunhados e Maceira e União de freguesias de Campelos e Outeiro da Cabeça (**Figura 22**). Estas freguesias também concentraram 80% dos inquéritos realizados na região (assim como, a maior parte das estufas da região). Nessas freguesias onde a cultura protegida de hortícolas é uma importante atividade económica, verificou-se que 17% e 14% das estufas dos produtores inquiridos, respetivamente, das freguesias da Silveira (30 estufas inquiridas) e da União de freguesias de A-dos-Cunhados e Maceira (29 estufas inquiridas) já tinham tido infestações de cochonilhas-algodão. Para além das freguesias referidas, registou-se a presença da praga numa estufa das freguesias da Encarnação (num total de duas estufas) e Freiria (duas estufas) e em três estufas da União de freguesias de Campelos e Outeiro da Cabeça (seis estufas).

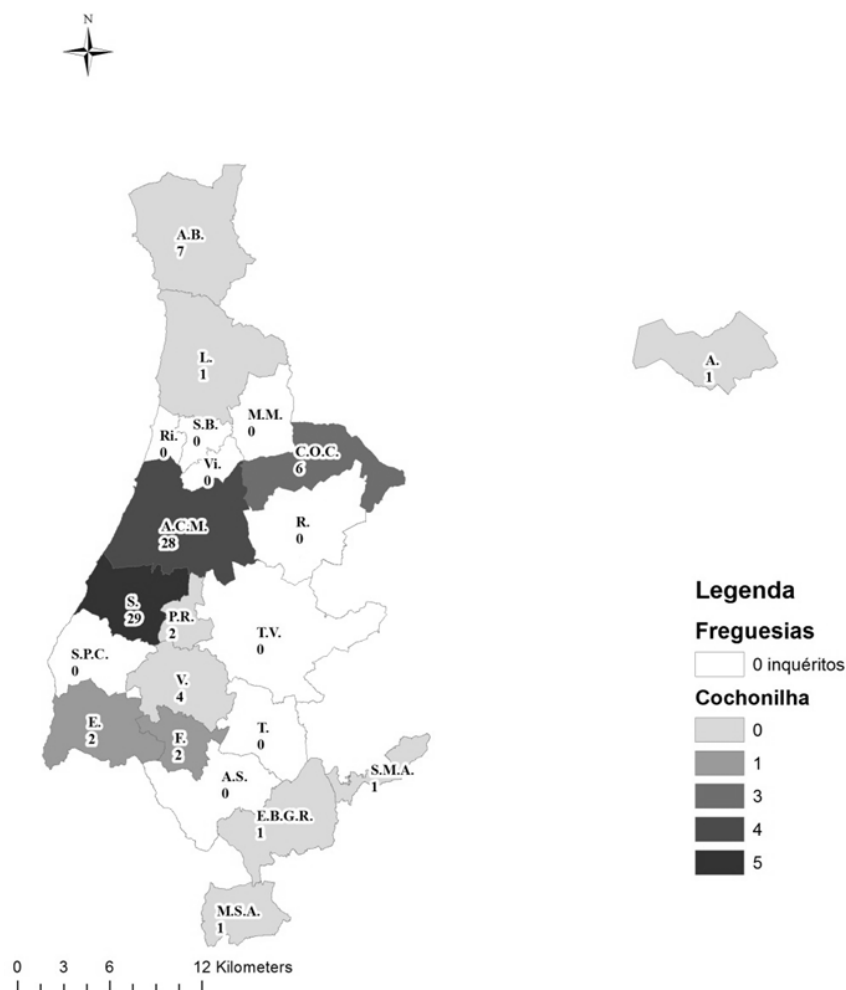


Figura 22 - Mapa com a distribuição do número de entrevistas realizadas a produtores intensivos de tomate/pimento em estufas/abrigos altos, por freguesia, na principal zona de produção da região Oeste e o número de estufas que já tiveram, pelo menos uma infestação de cochonilhas-algodão (de acordo com a escala de tons de cinzento). Adaptado de INE (2009).

O número total de entrevistas realizadas na região foi 80, repartido por 13 freguesias (as freguesias têm sob o seu código, no mapa, o número de inquéritos realizados). Alguns produtores afetados tinham estufas em mais do que uma freguesia. A branco encontram-se as freguesias onde não se efetuaram inquéritos. O tom de cinzento mais claro expõe freguesias com zero estufas afetadas por cochonilha-algodão e o tom de cinzento mais escuro cinco estufas afetadas por cochonilha-algodão. O código usado na figura para designar as freguesias é indicado à direita.

Código	Freguesia
A.B.	Atouguia da Baleia
L.	União das freguesias de Lourinhã e Atalaia
A.	Arrouquelas
M.F.	Moita dos Ferreiros
M.M.	União das freguesias de Miragaia e Marteleira
Ri.	Ribamar
S.B.	Santa Bárbara
Vi.	Vimeiro
C.O.C.	União das freguesias de Campelos e Outeiro da Cabeça
A.C.M.	União de freguesias de A dos Cunhados e Maceira
R.	Ramalhal
S.	Silveira
P.R.	Ponte do Rol
T.V.	União de freguesias de Torres de Vedras (São Pedro, Santiago, Santa Maria do Castelo e São Miguel) e Matacães
S.P.C.	São Pedro da Cadeira
V.	Ventosa
T.	Turcifal
E.	Encarnação
F.	Freiria
A.S.	União das freguesias de Azueira e Sobral da Abelheira
S.M.A.	Sobral de Monte Agraço
E.B.G.R.	União das freguesias de Enxara do Bispo, Gradil e Vila Franca do Rosário
M.S.A.	União das freguesias da Malveira e São Miguel de Alcainça

6.2. Prospeções

Apenas foram identificadas duas espécies de cochonilhas-algodão, nas amostras colhidas, em estufa, na região do Oeste, tendo a espécie *P. viburni* sido a mais frequente, seguida da espécie *P. madeirensis* (**Figura 23 e Quadro 5**). A existência de vários exemplares para os quais não foi possível identificar a espécie deveu-se a estarem já danificados no momento da amostragem, a terem sido recolhidos no estado de ninfa ou ovo sem que tivessem atingido o estado adulto (condição necessária à identificação de cochonilhas-algodão), ou por terem ficados danificados na preparação microscópica. O principal hospedeiro vegetal foi o tomate (75% das ocorrências), tendo no entanto a praga sido também encontrada em tabaco e nas infestantes *Solanum nigrum* Linnaeus, *Conyza sumatrensis* (Retz.) E. Walker, *Asparagus acutifolius* L., *Conyza bonariensis* (L.) Cronq., *Phragmites australis* (Cav.) Trin ex. Steud., *Amaranthus blitum* L. subesp. *emarginatus* (Salzm. ex Moq.) Carretero, Muñoz. A recolha da infestante *A. blitum* subesp. *emarginatus* na região Oeste é, de acordo com a Eng. Teresa

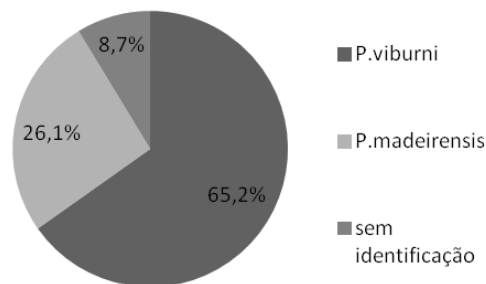


Figura 23 - Frequência relativa de espécies de cochonilhas-algodão identificadas na região Oeste (elaborado com base no Quadro 6).

Vasconcelos, do ISA, a primeira referência desta espécie a norte do rio Tejo em Portugal. A identificação da espécie *P. australis* não pôde ser confirmada com base no material recolhido. Aproximadamente 56%, das amostragens foram feitas na região da Silveira, tendo 87% dessas sido efetuadas nas duas explorações onde se realizaram as amostragens em plantas marcadas. As principais espécies de formigas associadas na região tanto a *P. viburni* como a *P. madeirensis* foram *Plagiolepis pygmaea* Latreille (em duas explorações da freguesia da Silveira) e *Linepithema humile* Mayr (duas explorações da freguesia de Campelos). A **Figura 24** mostra um mapa com a distribuição de ocorrências de cochonilhas-algodão na região. Os focos de infestações foram dispersos pela área de estudo. Apesar de 57% das incidências terem ocorrido em dois produtores da freguesia da Silveira, também foram afetados pelas cochonilhas-algodão dois produtores na freguesia de Campelos, um na freguesia de A dos Cunhados, um na freguesia da Silveira, um na freguesia de Encarnação e um na freguesia de Freiria.

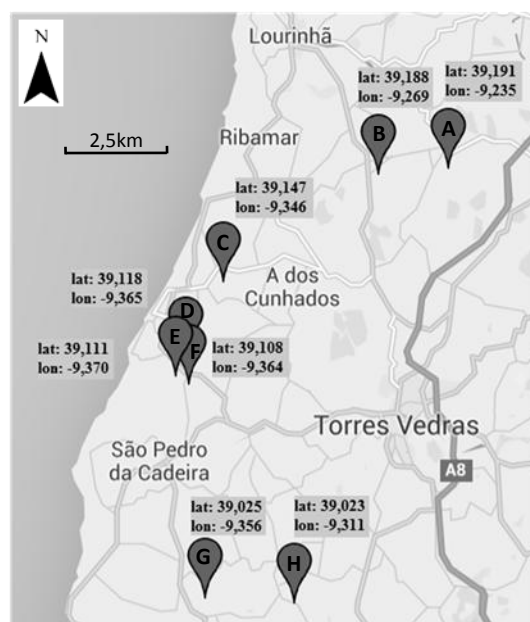


Figura 24 - Distribuição de ocorrências de cochonilhas-algodão na região Oeste.



Figura 25 - Colônia de *Phenacoccus madeirensis* associada à formiga argentina, *Linepithema humile* (original do autor).

Foram identificadas duas espécies de parasitóides. Cochonilhas-algodão da espécie *P. madeirensis* associadas à formiga argentina (*L. humile*) (**Figura 25**), provenientes de um produtor de tomate em Campelos (figura 17B) e recolhidas a 30/09/2015, mostraram estar parasitadas pelo parasitóide *A. amnestos*. No ensaio de medição da refletância de folhas de tomateiro, cochonilhas-algodão da espécie *P. viburni* associadas às formigas *Cardiocondyla mauritanica* Forel, e *Tapinoma nigerrimum* (Nylander), provenientes do Patacão (Faro) e recolhidas no dia 03/09/2015, mostraram estar parasitadas pelo parasitóide *L. algerica* (**Figura 26**). A identificação destas duas espécies de parasitóides será futuramente confirmada por especialista.



Figura 26 - Fêmea de *Leptomastix algerica* emergida de *Pseudococcus viburni* (original do autor).

Quadro 5 - Resultados das prospeções de cochonilhas-algodão realizadas ao longo de 2015 nas regiões Oeste e Algarve.

Data	Hospedeiro	Número de exemplares	Local	Espécie	Formigas associadas	Parasitóides emergidos
16/03/2015	Tomate	3	Silveira (ponto F, fig. 17) - estufa 1, fig. 18	<i>P. viburni</i> *		
16/03/2015	Tomate	3	Silveira (ponto F, fig. 17) - estufa 1, fig. 18	<i>P. viburni</i> *		
21/03/2015	Tomate	4	Silveira	<i>P. madeirensis</i>		
21/03/2015	Tomate	4	Silveira	<i>P. viburni</i> *		
05/05/2015	Tomate	N.D.	A dos Cunhados			
07/05/2015	Tomate	1	Silveira (ponto D, fig. 17) - estufa 2, fig. 19	<i>P. viburni</i>		
12/05/2015	Tomate		A dos Cunhados	N.D.		
12/05/2015	Tomate	1	A dos Cunhados	Ninfa		
13/05/2015	Tabaco	1	Silveira (ponto D, fig. 17) - estufa 8, fig. 19	<i>P. viburni</i>		
23/06/2015	Tomate	1	Silveira (ponto D, fig. 17) - estufa 7, fig. 19	<i>P. viburni</i> *		
23/06/2015	Tomate	2	Silveira (ponto D, fig. 17) - estufa 2, fig. 19	<i>P. viburni</i> *	<i>P. pygmaea</i>	
08/07/2015	Tomate	4	Freiria (ponto H, fig. 17)	<i>P. viburni</i>		
14/07/2015	Tomate	2	Silveira (ponto D, fig. 17) - estufa 7, fig. 19	<i>P. viburni</i>		
13/08/2015	Tomate	5	Silveira (ponto F, fig. 17) - estufa 2, fig. 18	<i>P. madeirensis</i> *		
13/08/2015	Tomate	4	A dos Cunhados (ponto C, fig. 17)	<i>P. viburni</i> *		
13/08/2015	S. nigrum, C. sumatrensis, A. acutifolius, C. bonariensis, P. australis?, A. blitum subesp. emarginatus	5	Silveira (ponto F, fig. 17) - estufa 2, fig. 18	<i>P. madeirensis</i> *	<i>P. pygmaea</i>	

Quadro 6 - Resultados das prospeções de cochonilhas-algodão realizadas ao longo de 2015 nas regiões Oeste e Algarve.

03/09/2015	Tomate	1	Ensaio de refletância (Patação, Faro)	<i>P. madeirensis</i> *		
03/09/2015	Tomate	N.D.	Ensaio de refletância (Patação, Faro)	<i>P. viburni</i>	<i>C. mauritanica e</i> <i>T. nigerrimum</i>	<i>L. algerica</i>
21/09/2015	Tomate	1	Silveira (ponto F, fig. 17) - estufa 2, fig. 18	<i>P. madeirensis</i>		
21/09/2015	Tomate	4	Silveira (ponto D, fig. 17) - estufa 7, fig. 19	<i>P. viburni</i>		
21/09/2015	Tomate	1	Silveira (ponto F, fig. 17) - estufa 2, fig. 18	<i>P. viburni</i>		
21/09/2015	Tomate	3	Campelos (ponto B, fig. 17)	<i>P. madeirensis</i>	<i>L. humile</i>	<i>A. amnestos</i>
30/09/2015	Tomate	3	Silveira (ponto E, fig. 17)	<i>P. madeirensis</i>		
30/09/2015	Tomate	2	Campelos (ponto A, fig. 17)	<i>P. viburni</i>		
30/09/2015	Tomate	3	Campelos (ponto A, fig. 17)	<i>P. viburni</i>	<i>L. humile</i>	
30/09/2015	Pimento	N.D.	Silveira			
30/09/2015	Tomate	N.D.	A dos Cunhados			
30/09/2015	Tomate	N.D.	Encarnação (ponto H, fig. 17)	Posturas		
09/10/2015	Tomate	1	Silveira (ponto D, fig. 17) - estufa 7, fig. 19	<i>P. viburni</i>		

*amostras preparadas e identificadas pela eng. Vera Zina

6.3. Monitorização de cochonilhas-algodão na cultura do tomate em estufa

6.3.1. Evolução fenológica, temperatura e humidade relativa

Na **Figura 27** está descrita a evolução fenológica em número de cachos de frutos por planta. O produtor A teve em média um maior número de cachos na primeira campanha. No entanto, a 21 de setembro (na segunda campanha) o produtor B apresentava maior número de cachos do que o produtor A. A utilização de diferentes variedades de tomateiro (diferentes taxas de vingamento), sistemas de produção e tipo de gestão da cultura, pelos produtores, poderão ter influenciado o número de cachos de frutos em cada uma das estufas.

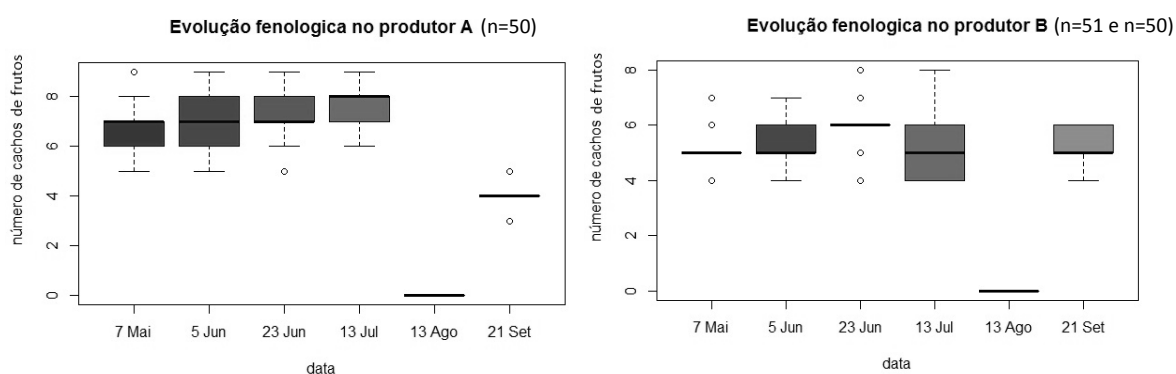


Figura 27 - Evolução fenológica da cultura de tomate nos produtores A e B ao longo do período de amostragens.

Na **Figura 28** apresentam-se a temperatura e humidade relativa médias registadas (com base em cinco medições pontuais de temperatura e humidade relativa por estufa e data) nas estufas dos produtores A (estufa 1) e B (estufa 7 na primeira campanha e estufa 2 na segunda campanha).

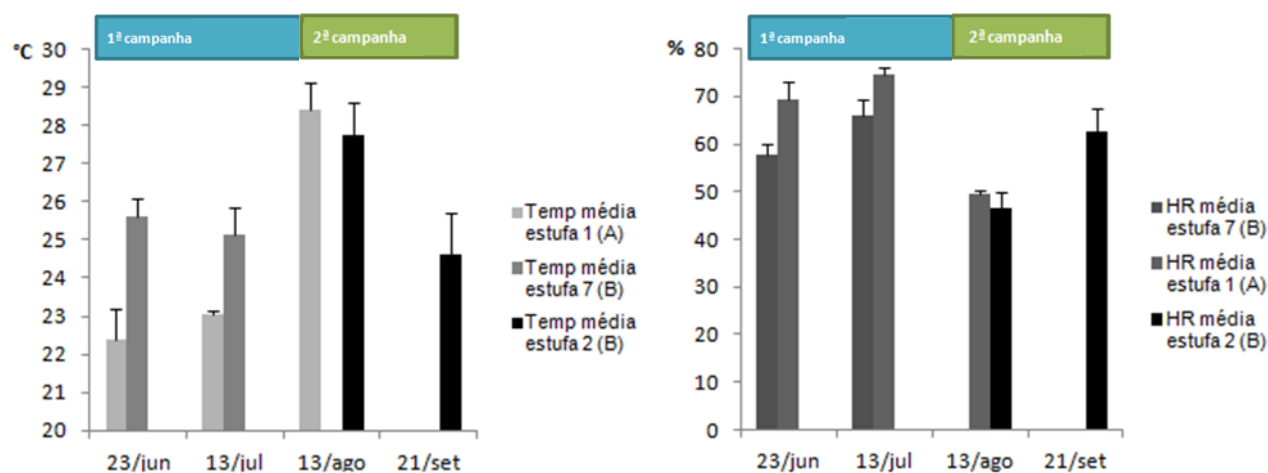


Figura 28 - Temperatura e humidade relativa média medida nas estufas dos produtores A e B durante o período de amostragens.

6.3.2. Dinâmica de infestação

A **Figura 29a** representa o número médio de indivíduos (imaturos e adultos) por planta e por produtor ao longo do tempo. Tanto para o produtor A, como para o produtor B, o número médio de indivíduos por planta foi reduzido, atingindo um máximo de $0,06 \pm 0,06$ indivíduos por planta no dia 23 de junho e $0,04 \pm 0,04$ indivíduos por planta no dia 13 de julho, respetivamente. Na segunda campanha, registou-se um máximo de $0,10 \pm 0,07$ indivíduos por planta no dia 21 de setembro, na estufa 2 do produtor B.

A **Figura 29b** representa a incidência de cochonilhas-algodão (percentagem de plantas com presença) na exploração do produtor A, assim como os tratamentos fitossanitários realizados durante o período de amostragens. A percentagem de plantas infestadas variou entre 2% no dia 5 de junho e 6% no dia 23 de junho. Não se detetaram plantas infestadas na amostragem feita a 7 de maio, na primeira campanha, e em nenhuma das amostragens realizadas na segunda campanha. As substâncias ativas utilizadas durante o período de amostragens foram espinosade (para lagarta-do-tomate, traça-do-tomateiro e outras lagartas), abamectina juntamente com óleo vegetal (para larvas-mineiras, ácaros e tripes), espirotetramato (para mosca-branca e afídeos), benzoato de emamectina (para traça-do-tomateiro e outras lagartas), piriproxifena (para traça-do-tomateiro e outras lagartas) e clorantraniliprol (para ácaros, larvas-mineiras, traça-do-tomateiro e outras lagartas). Entre 5 e 23 de junho a percentagem de plantas infestadas aumentou de 2 para 6%. Entre 23 de junho e 13 de julho o nível de infestação diminuiu para 4%, apesar de não terem sido realizados tratamentos inseticidas.

Na **Figura 29c** apresenta-se a evolução da percentagem de plantas com presença de cochonilhas-algodão na exploração do produtor B, assim como as adubações e os tratamentos fitossanitários realizados, durante o período de amostragens. A percentagem de plantas infestadas variou entre 2% a 5 de junho, 5% a 13 de julho na primeira campanha. Na segunda campanha, o nível de infestação aumentou de 2%, a 13 de agosto, para 10% a 21 de setembro. As substâncias ativas utilizadas durante o período de amostragens foram espinosade, pimetrozina (para afídeos e mosca-branca), oxamil (para nematodes, afídeos e mosca-branca) e clorantraniliprol (para lagarta e tuta).

Nas amostragens aleatórias de folhas, não se observou presença de cochonilhas-algodão, na estufa do produtor A. No caso do produtor B foram recolhidos dois indivíduos (um no dia 23 de junho e outro no dia 21 de setembro).

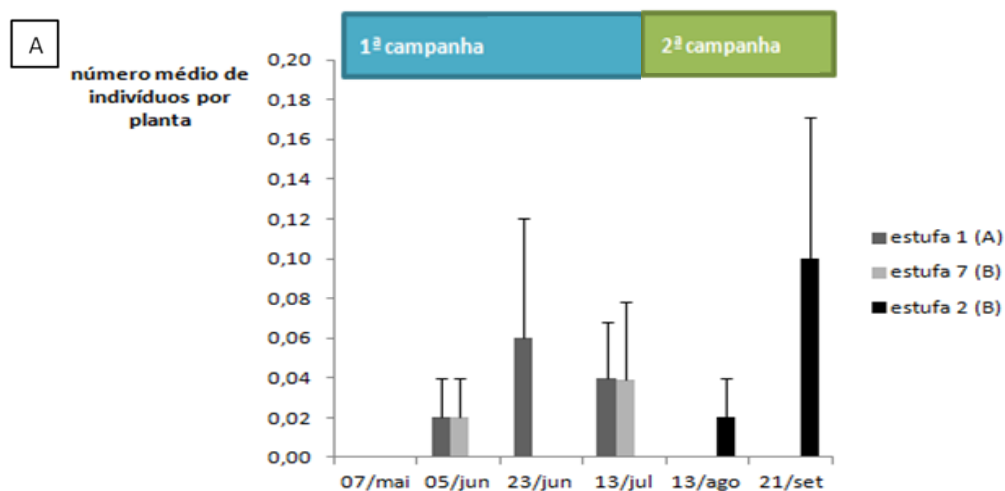
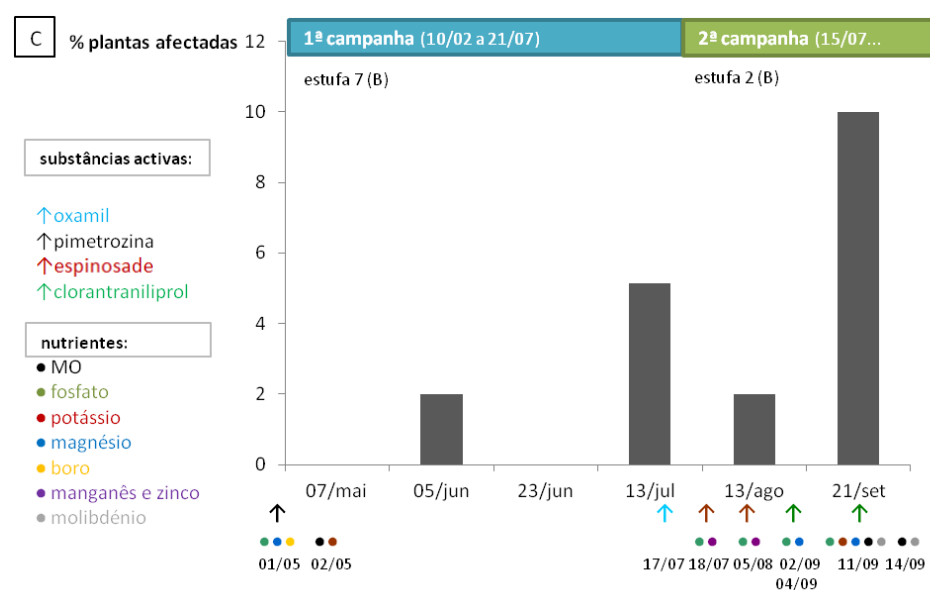
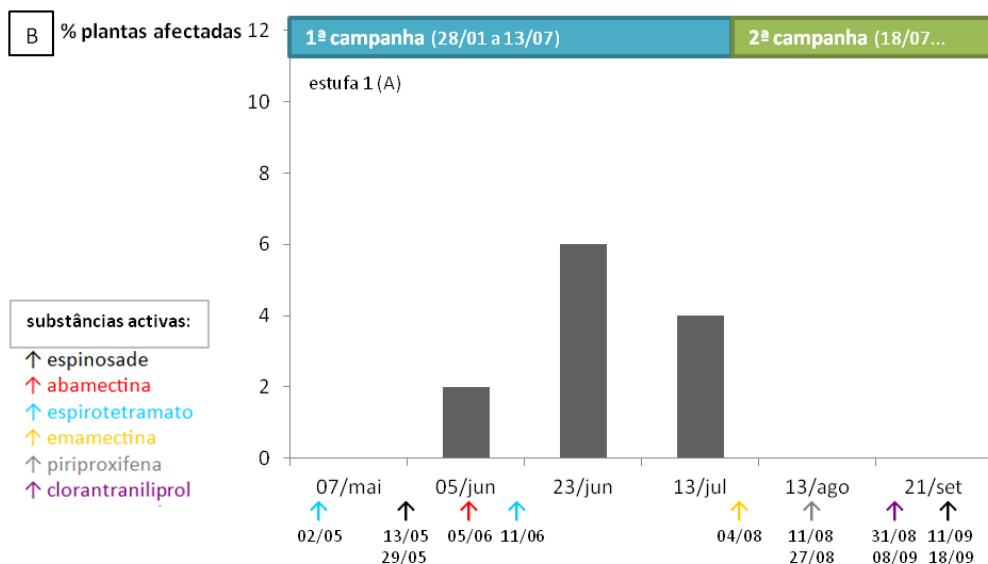


Figura 29 - Evolução temporal das cochonilhas-algodão nas estufas

A) Número médio de indivíduos detetados por planta e por produtor, ao longo das amostragens em plantas marcadas;

B) Evolução da percentagem de plantas afetadas na exploração do produtor A, assim como, dos tratamentos fitossanitários realizados no combate às pragas do tomate, representados por setas de diferentes cores, dependendo da substância ativa;

C) Evolução da percentagem de plantas afetadas na exploração do produtor B, assim como, das adubações e dos tratamentos fitossanitários realizados no combate às pragas do tomate, representados por círculos e setas de cores diferentes, respetivamente, dependendo da substância ativa.



Na **Figura 30** apresenta-se o número total de indivíduos de primeiro e segundo, terceiro instar ou fêmeas adultas e posturas detetados durante a primeira e segunda campanha de tomate, nos produtores A e B, por órgão vegetal (folha, ramo e caule) e por data de amostragem. No fim da primeira campanha (23 de junho e 13 de julho) todos os estados de desenvolvimento das cochonilhas-algodão (ovo, ninfa, adulto) estavam presentes, em diversos órgãos da planta (folhas, ramos e caules). No dia 13 de julho, foi contabilizado um número máximo de dois indivíduos de cochonilhas-algodão de primeiro e segundo instares em folhas, enquanto que no dia 23 de junho se contabilizaram respetivamente, um máximo de seis e dois indivíduos de terceiro instar e posturas, divididos por folhas (três indivíduos) e ramos (três indivíduos). Tanto na primeira, como na segunda campanha, as posturas só foram observadas nos caules. Um mês após o início da segunda campanha do produtor B na estufa 2 (uma vez que no produtor A não se detetaram quaisquer indivíduos na estufa 1 na segunda campanha), verificou-se que os novos hospedeiros vegetais já se encontravam colonizados com adultos, assim como ovos, na base do caule e páginas inferiores das folhas, o que poderá possivelmente sugerir que os indivíduos estão a persistir na estufa, entre campanhas, em detritos vegetais.

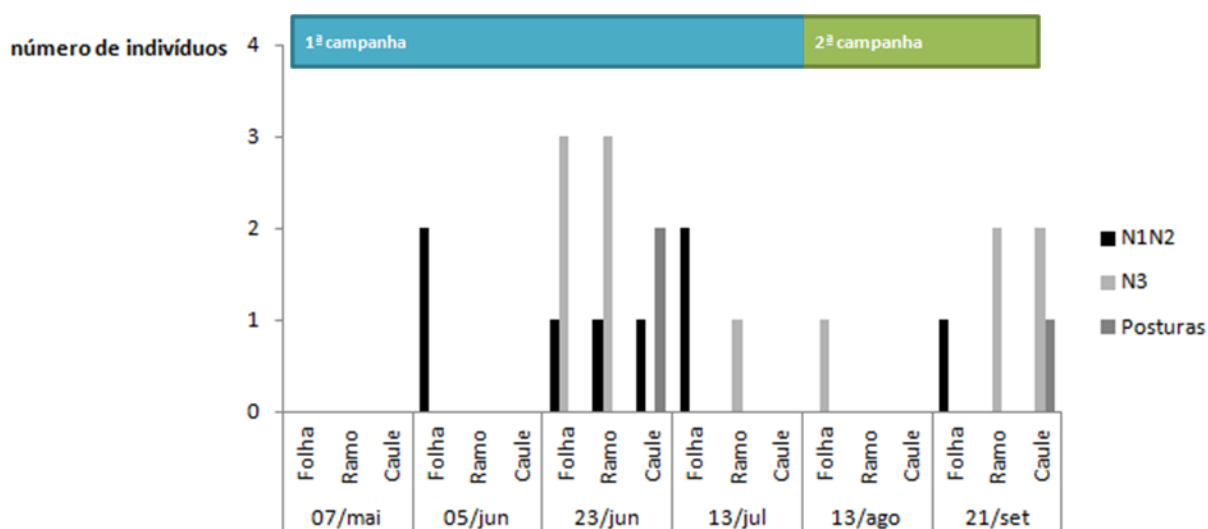


Figura 30 - Somatório do número de indivíduos (cochonilhas-algodão de primeiro e segundo instar, fêmeas adultas ou de terceiro instar e posturas) detetados, durante o primeiro e segunda campanha de tomate, nos produtores A e B, por órgão vegetal (folha, ramo, caule) e data de amostragem.

6.3.3. Padrão de distribuição espacial

As **Figuras 31 e 32** apresentam a localização e o número médio de indivíduos por planta na primeira e segunda campanha de tomate, respetivamente, dos produtores A e B. Verifica-se que existe uma tendência para o aparecimento de focos de cochonilhas-algodão na proximidade das paredes das estufas. O valor máximo das médias do número de indivíduos por planta esteve compreendido no intervalo de 1 a 1,5, tendo sido a estufa 7 a estufa com maior número de plantas com o número médio de indivíduos próximos desse intervalo. A decisão de amostrar, entre 23 de junho e 13 de julho, um maior número de plantas na estufa 7, foi motivada pelo facto de se ter verificado existirem várias plantas infestadas por cochonilhas-algodão numa zona da estufa que não estava a ser amostrada.

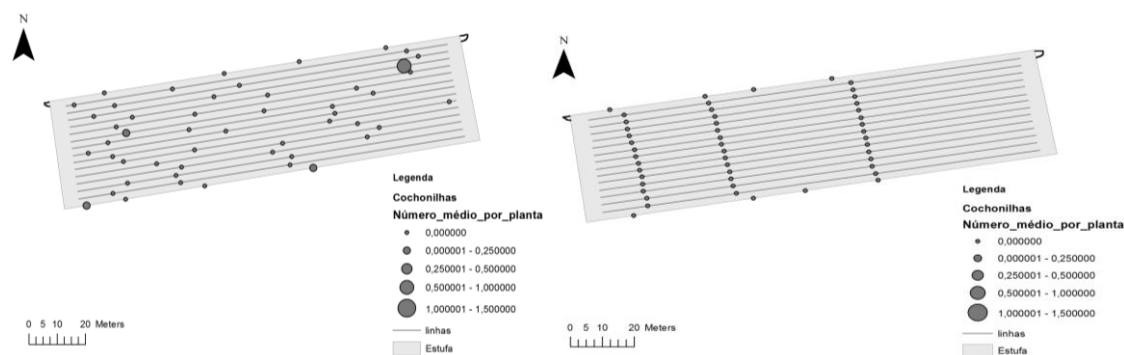


Figura 31 - Localização e número médio de cochonilhas-algodão detetados por planta, durante a 1ª e 2ª, respetivamente, campanha de tomate, na estufa 1 do produtor A.

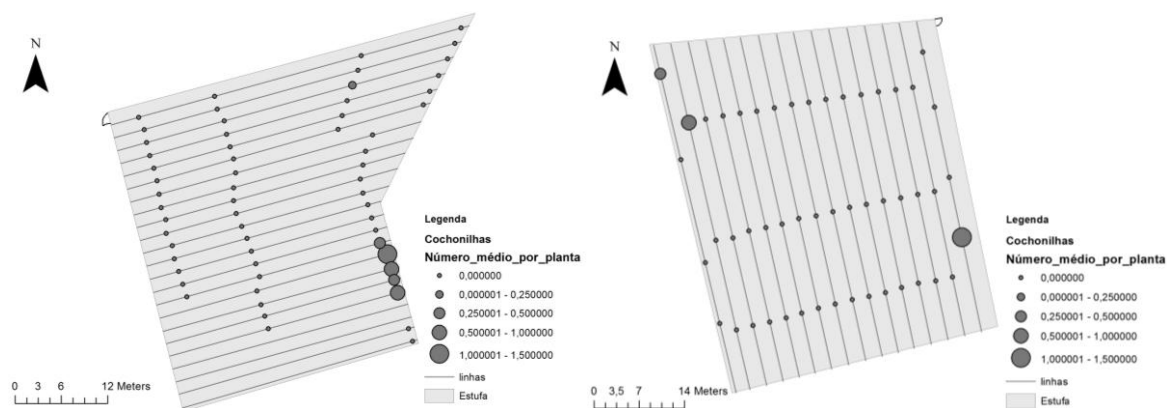


Figura 32 - Localização e número médio de cochonilhas-algodão detetados por planta, durante a 1ª e 2ª, respetivamente, campanha de tomate, nas estufas 7 e 2 do produtor B.

No **Quadro 6** são apresentados os resultados estatísticos mais relevantes da regressão para estimativa dos parâmetros do modelo da lei da potência de Taylor (ver **Anexo 2**). Na **Figura 33** encontra-se a representação gráfica dos dados. Os coeficientes a e b do modelo foram estimados, respectivamente, em 0,9 e 1,537. Ou seja, o índice de agregação apresentado pelas cochonilhas-algodão, em tomate protegido, é de 1,537, com um intervalo de 95% de confiança compreendido entre 1,157 e 1,917.

Estes resultados indicam uma fortíssima agregação, uma vez que o índice de agregação foi superior a um.

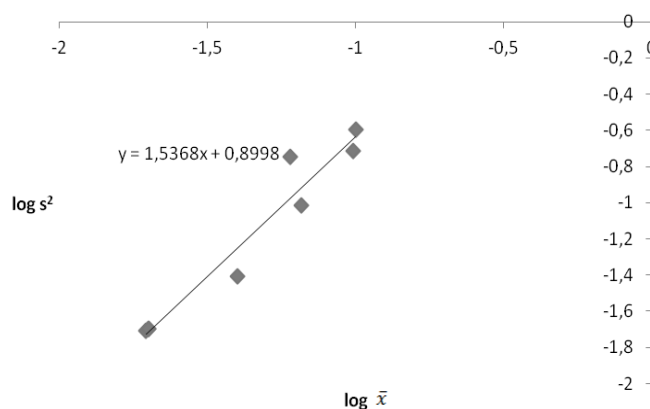


Figura 33 - Regressão linear para estimativa dos parâmetros do modelo da lei da potência.

Quadro 6 - Resultados da análise de regressão para estimar os parâmetros do modelo da lei da potência de Taylor.

R ² ajustado	Erro padrão	Estatística de teste (F)	Nível de significância	a	B	Intervalo de confiança (95%) para b
0,933	0,126	97,800	<0,001	0,900	1,537]1,157; 1,917[

6.4. Medição da refletância de folhas de tomateiro

O ensaio de espectroscopia ótica foi realizado para verificar se os estragos provocados pela alimentação da cochonilha-algodão *P. viburni* afetavam a refletância das folhas. Um resumo foi submetido e aceite para apresentação de um painel, com os resultados obtidos, na conferência internacional *Tomatoes, trends towards 2020* a ter lugar em Antuérpia (Bélgica) de 13-15 de abril de 2016 (<http://www.tomatoconference2016.be/documents/home.xml?lang=en>). A elevada quantidade de dados a analisar impediram a apresentação nesta dissertação dos resultados das medições de refletância de folhas de tomateiro ao longo do tempo, mas os mesmos serão posteriormente publicados, juntamente com as medições de refletância de folhas de tomateiro na última data, numa revista internacional. Aqui são apresentados, apenas, os dados das medições realizadas na última data.

No **Anexo 3** encontram-se os gráficos dos espectros das absorvâncias, das refletâncias, das contagens, das transformações por suavização, derivação e correção multiplicativa, assim como, os gráficos de *scores* das análises PCA às mesmas transformações (excetuando-se a transformação por segunda derivação) e dos *loadings* da segunda componente principal.

A **Figura 34** representa o espectro médio de absorvância para todas as amostras, fornecendo uma ideia do aspeto geral dos espectros de absorção de uma folha. Abaixo dos 400 nm e acima de 1020 nm os resultados não são fiáveis, devido às limitações do equipamento. Verifica-se a existência de duas zonas de absorção elevada de fotões em resultado da clorofila (na região dos ≈ 680 nm) e da clorofila e carotenoides (na região dos ≈ 400 nm). Esta figura ilustra as zonas espectrais onde foram identificadas as maiores diferenças entre os espectros das plantas testemunha e das plantas infestadas. Essas zonas estão identificadas pelos pontos vermelhos (infestadas) e verdes (testemunha), cujas ordenadas correspondem aos valores médios das plantas infestadas (pontos vermelhos) e das plantas testemunha (pontos verdes). Esta diferença é bastante amplificada pela derivação dos espectros. Aplicando o PCA à segunda derivada da refletância verifica-se uma tendência consistente para as folhas de plantas testemunha terem maiores valores de (derivada da) refletância do que as folhas de plantas infestadas com *P. viburni*. A diferença entre os dois grupos de plantas é nítida no gráfico de componentes principais da **Figura 35**. Nesta figura cada ponto corresponde a uma amostra e é representado através das suas duas primeiras componentes principais (as coordenadas das amostras no novo sistema de eixos principais PC1 e PC2). Verifica-se que há uma aglomeração das

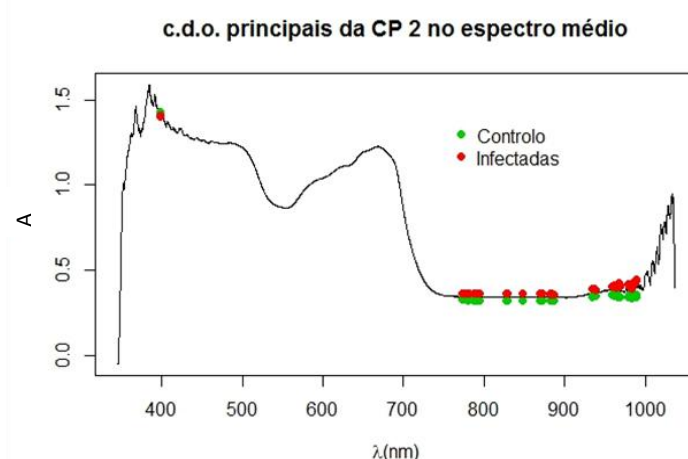


Figura 34 - Comprimentos de onda da Segunda Componente Principal do espectro médio, medido no último dia de amostragem (02/10), da absorvância de plantas testemunha (círculos verdes) e infestadas (círculos vermelhos) transformado por segunda derivação.

plantas testemunha na parte superior do gráfico e das infestadas na parte inferior. A separação é feita pela segunda componente principal. Isto quer dizer que a infestação não é a principal fonte de variabilidade dos dados, mas apenas a segunda maior fonte de variabilidade. Voltando à figura 34, verifica-se que as folhas infestadas têm tendência a refletir menos radiação na gama dos 800-1000 nm do que as folhas saudáveis e que esta é provavelmente a causa para a separação dos grupos por PCA.

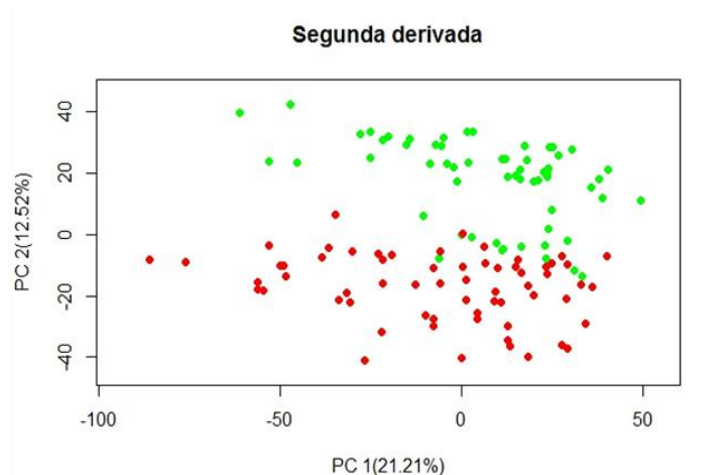


Figura 35 - Scores da análise PCA ao espectro, medido no último dia de amostragem (02/10), da absorvância de plantas testemunha (círculos verdes) e infestadas (círculos vermelhos) com transformação por derivação (segunda derivação). A primeira e segunda componentes explicam, respetivamente, 21,21% e 12,52% da variabilidade total existente nas medições.

A **Figura 36** mostra o parâmetro de separação, sendo outra forma de determinar quais os comprimentos de onda mais úteis para separar as duas classes. O parâmetro de separação, dado por $p=(mC-mI)/(sC+sI)$, foi calculado para cada comprimento de onda. Nesta equação, mC e mI são respetivamente as médias dos valores da segunda derivada da absorvância das folhas de plantas testemunha (C) e infestadas (I), e sC e sI são respetivamente os desvios padrão dos valores da segunda derivada da absorvância das folhas de plantas testemunha (C) e infestadas (I). Graficamente, um p maior que 1 quer dizer que as barras de erro associadas aos valores da segunda derivada dos dois grupos não se tocam e portanto são separáveis – no fundo é uma forma simplificada de Anova. A figura mostra que os comprimentos de onda onde há maior separação entre grupos estão na zona do infravermelho, o que está de acordo com a localização dos pontos na figura 34.

Na **Figura 37** encontra-se o PCA dos registos efetuados durante o último dia (ou seja, neste PCA as variáveis não são espectroscópicas mas sim descritivas: altura, largura de folha, presença de pragas ou doenças, entre outros). As plantas testemunha têm tendência para ter mais altura, maior dimensão da folha fotossinteticamente ativa e maior população de afídeos e *T. absoluta*, enquanto as plantas infestadas têm como esperado uma população de cochonilha-algodão superior assim

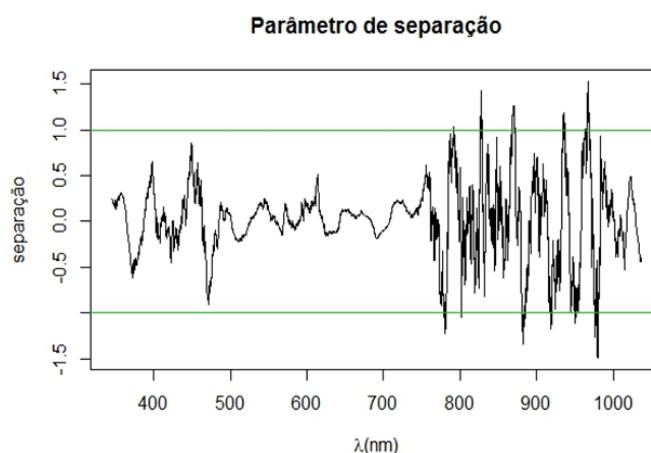


Figura 36 - Comprimentos de onda significativamente diferentes, de acordo com o parâmetro de separação, entre plantas controlo e infestadas no último dia de medições (02/10).

como de formigas. No entanto, a separação dos dois grupos não é tão clara como na análise PCA da segunda derivada da absorvância.

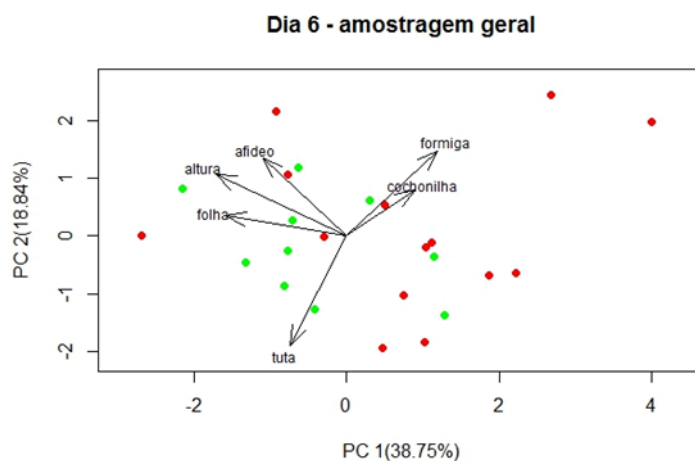


Figura 37 - PCA aos registos efetuados no trabalho de campo no último dia de medições (02/10). As setas indicam as direções onde as variáveis (afídeo, altura, folha, formiga, cochonilha, tuta) atingem os valores máximos. A primeira e segunda componentes explicam, respetivamente, 38,75% e 18,84% da variabilidade total existente nas medições.

7. Discussão

Este trabalho representa o primeiro estudo sobre o impacto das cochonilhas-algodão em cultura protegida de hortícolas na região Oeste. Nos inquéritos efetuados, constatou-se que aproximadamente 80% dos produtores inquiridos eram provenientes das freguesias de União de freguesias de A dos Cunhados e Maceira, Silveira e Atouguia da Baleia, sendo essas responsáveis por 75% da produção de hortícolas em estufa/abrigo alto da região. Uma vez que os inquéritos realizaram-se principalmente em centrais hortofrutícolas (algumas das mais importantes da região) da freguesia de União de freguesias de A dos Cunhados e Maceira, onde frequentemente os produtores das freguesias circundantes também escoam os seus produtos hortícolas, e em entrevistas telefónicas, admite-se que os inquéritos realizados representem uma amostra homogénea e que a dimensão da mesma seja representativa da situação das cochonilhas-algodão na região. O facto de 16% dos produtores inquiridos (num total de 80) terem afirmado que já tinham tido infestações com cochonilhas-algodão e de 69% dos produtores inquiridos terem tido a sua primeira infestação nos últimos três anos sugere que a sua importância poderá estar a aumentar. Os impactos económicos referidos por Jacobson (2002), relativamente a infestações de *P. viburni* em cultura protegida de tomate no Reino Unido, numa altura em que essa afetava 7% da área nacional dedicada a esta cultura, demonstram o potencial que as cochonilhas-algodão têm para reduzir as margens dos produtores. Os prejuízos foram estimados em 800 euros/ha, devido a estragos diretos e indiretos, incluindo perdas de produção associadas à morte de plantas e 4100 euros/ha, devido a custos associados ao combate da praga, limpeza e desinfeção de estufas. Possivelmente os custos de combate da praga e limpeza e desinfeção das estufas serão inferiores no Oeste, devido à natureza temporária de muitas das estruturas que compõem as estufas na região, ao menor investimento (refira-se que no Reino Unido o custo da mão-de-obra era responsável por 75% dos custos de combate das cochonilhas-algodão) e retorno por produtor comparativamente aos produtores do Reino Unido. A existência de um historial de infestações com cochonilhas-algodão em 16% das estufas inquiridas, nas freguesias da Silveira, da União de freguesias de A dos Cunhados e Maceira e da União de freguesias de Campelos e Outeiro da Cabeça (as quais representam aproximadamente 82% das estufas inquiridas) poderia sugerir que o problema com as cochonilhas-algodão era localizado, devido a serem freguesias contíguas. No entanto, verifica-se que existem mais duas freguesias não contíguas (Freiria e Encarnação) que, apesar do número de produtores afetados ser reduzido, também tiveram estufas infestadas. A reincidência de cochonilhas-algodão em 60% das estufas afetadas coloca em questão a eficácia dos meios de prevenção e luta contra a mesma. No Reino Unido, Jacobson (2002) verificou que as principais razões que levavam à sua permanência e dispersão nas estufas eram o transporte de plantas ornamentais infestadas para o interior dos viveiros de plantas, a reutilização de equipamento de rega ou caixas de colheita sem serem previamente desinfetadas e o transporte não intencional (por adesão) das massas de ovos pelos trabalhadores agrícolas e pássaros, para plantas sãs. O mesmo autor verificou que uma das medidas mais eficazes e baratas no combate das cochonilhas-algodão era o aconselhamento dos produtores no sentido de se evitarem práticas que favorecessem a mesma. Por exemplo, o não transporte de

plantas ornamentais para o interior de viveiros, a restrição de movimento de material vegetal e equipamento de zonas infestadas e a visita dos locais infestados pelos produtores especialmente no final do dia e com roupa adequada (comprida e descartável). No presente trabalho, durante a realização das amostragens aleatórias, observou-se que algumas práticas realizadas no Oeste por alguns produtores poderão estar a beneficiar a permanência e disseminação das cochonilhas-algodão nas estufas, entre as quais se destaca: a reutilização de placas de substrato, equipamento de rega e valas de drenagem ao longo de várias campanhas sem que haja uma desinfecção dos mesmos; a plantação de outras culturas (bananeira e vinha) na mesma estufa para além do tomate; a produção em simultâneo de uma segunda cultura suscetível ao aparecimento de focos de cochonilhas-algodão ao ar livre (por exemplo vinha) e de tomateiro em ambiente protegido; a entrada de animais de estimação nas estufas; o corte dos tomateiros à altura do substrato/solo no fim da campanha, deixando parte do caule e raízes no mesmo. No **Quadro 7** apresentam-se algumas fotografias recolhidas na região Oeste de possíveis causas de permanência e disseminação das cochonilhas-algodão nas estufas prospetadas.

Quadro 7 - Conjunto de fotografias das possíveis causas da permanência e disseminação das cochonilhas-algodão nas estufas prospetadas.

 <p>a) Estufa de um dos produtores de tomate da região Oeste afetados por cochonilhas-algodão. No interior da mesma encontravam-se tomateiros, bananeiras e vinha (original do autor).</p>	 <p>b) Nos círculos a vermelho encontram-se parte do caule e raízes de tomateiros da campanha anterior, em resultado da prática do corte à altura do substrato. Uma vez que os detritos vegetais são um reservatório de cochonilhas-algodão, esta poderá ser uma das causas das mais comuns causas de infestações nesta região (original do autor).</p>
<p>c)</p>  <p>Aproximação de um caule e raiz de tomateiro cortado no fim da campanha anterior com infestação de cochonilhas-algodão (foto gentilmente cedida pelo laboratório de entomologia do DCEB/ISA).</p>	 <p>f) Posturas de cochonilhas-algodão no interior da vala de drenagem (foto gentilmente cedida pelo laboratório de entomologia do DCEB/ISA).</p>



e) Posturas de cochonilhas-algodão presentes no interior de um gotejador e por detrás deste, um caule da campanha anterior. A não desinfecção dos sistemas de rega e placas de substrato apresentam-se como uma das causas da permanência e disseminação das cochonilhas-algodão (foto gentilmente cedida pelo laboratório de entomologia do DCEB/ISA).

Refira-se ainda que uma parte significativa dos produtores desconhecia as cochonilhas-algodão, pelo que mais estufas na região poderão estar infestadas, sem que as suas populações causem prejuízos ou que estes reconheçam a causa dos mesmos. O desconhecimento das cochonilhas-algodão por alguns produtores significa que não conhecerão os locais das plantas a prosperar, pelo que apenas quando as populações da mesma atingirem densidades que provocam estragos de importância económica serão detetadas, com a agravante de, com o aumento do nível de infestação, o seu combate se tornar cada vez mais difícil e caro. Após a inquirição dos produtores, verificou-se que a principal cultura protegida afetada pelas cochonilhas-algodão foi o tomate (resultado esperado visto que esta é a principal cultura produzida em ambiente protegido na região), seguida do pimento e beringela, tendo as infestações distribuídas localmente (numa ou duas linhas) ou de forma generalizada (por toda a estufa). A primeira distribuição teve ligeiramente mais importância do que a segunda, supondo-se assim que numa fase inicial as infestações são localizadas e que numa fase mais avançada, essas se espalham para mais linhas até se generalizarem. A diversidade de substâncias ativas aplicadas pelos produtores inquiridos na luta química contra as cochonilhas-algodão poderá ser o resultado da inexistência de substâncias ativas homologadas para o combate das mesmas, conduzindo à sua aplicação empírica baseada em intuição ou na experiência de outros produtores. No entanto, aproximadamente 25% dos produtores decidiram não ser necessário aplicar qualquer produto fitossanitário, possivelmente porque as infestações eram localizadas e pouco importantes. Quando questionados acerca da relevância que as cochonilhas-algodão tinham nas suas explorações, verifica-se que existe uma heterogeneidade de opiniões, dado que 30%, 35% e 35% dos produtores considera que a importância desta praga tem vindo, respetivamente, a aumentar, manter-se e diminuir. Estes resultados poderão significar que alguns produtores têm conseguido lidar com as infestações de cochonilhas-algodão, possivelmente através de um uso alternado de diferentes substâncias ativas ou através do fomento da luta biológica.

As prospeções a produtores que tinham referido nos inquéritos já ter tido problemas com as cochonilhas-algodão mostraram um padrão geográfico de ocorrências que confirmou o descrito pelos inquéritos, com dois casos na União de freguesias de Campelos e Outeiro da Cabeça, dois casos na União de freguesias de A dos Cunhados e Maceira, três casos na freguesia da Silveira, um caso na freguesia da Freiria e um caso na freguesia da Encarnação. A elevada percentagem (57%) de prospeções nas estufas dos produtores referidos por A e B relativamente ao total de amostragens realizadas, deve-se ao maior período de tempo passado nesses locais, uma vez que se realizaram

amostragens em plantas marcadas em estufas dessas explorações e porque o tempo, recursos disponíveis e disponibilidade de outros produtores não permitiu que fossem realizadas mais prospeções noutros locais. Verificou-se nessas amostragens que 65% e 25% das cochonilhas-algodão pertenciam, respetivamente, às espécies *P. viburni* e *P. madeirensis*, concluindo-se que é improvável a existência de novas espécies de cochonilhas-algodão associadas a hortícolas de estufa na região. Os hospedeiros vegetais prospetados foram essencialmente o tomate (75% dos casos), o que é explicado pela predominância desta cultura neste tipo de produção hortícola na região. A espécie *P. madeirensis* foi também encontrada em infestantes (*S. nigrum*, *C. sumatrensis*, *A. acutifolius*, *C. bonariensis*, *A. blitum subesp. emarginatus*, *P. australis*) recolhidas no interior (junto às paredes) de uma estufa de tomate. Nesta situação, considera-se que a mesma terá colonizado primeiro as infestantes, tendo posteriormente vindo a colonizar parte significativa dos tomateiros. Apesar de num dos produtores de A dos Cunhados ter sido encontrada apenas uma ninfa (a qual não permitiu fazer uma identificação) e no produtor da Encarnação terem-se encontrado apenas posturas (que também não permitiram fazer identificação), o nível de infestação nalgumas das explorações visitadas era moderado/elevado. O caso mais grave de infestação com cochonilhas-algodão (*P. madeirensis*), durante as prospeções, foi a de um produtor de Campelos com uma distribuição generalizada na estufa, que se encontrava associada a uma colónia grande de formiga-argentina (*L. humile*). Apesar deste fazer tratamentos com inseticidas de contacto, e de se ter encontrado nesse local a presença de um parasitóide com elevada seletividade, tanto a cochonilha-algodão como a formiga permaneciam no interior da estufa, provocando diminuição da altura das plantas, desvalorização comercial do tomate e obrigando à lavagem do mesmo antes de ser vendido. As consequências da presença e do comportamento agressivo da formiga-argentina relativamente aos inimigos-naturais das cochonilhas-algodão nesse caso, estão de acordo com Franco *et al.* (2004) e Mansour *et al.* (2012). Mansour *et al.* (2012) e Franco *et al.* (2004) revelam a importância que as formigas têm na disrupção da predação e parasitoidismo pelos inimigos naturais das cochonilhas-algodão, assim como na eficácia das medidas de combate aplicadas pelos produtores. Os autores explicam que a relação mutualista estabelecida entre formigas e cochonilhas-algodão baseia-se no aproveitamento pelas primeiras, das excreções açucaradas (meladas) produzidas pelas segundas em resultado da sua alimentação nos vasos floémicos do hospedeiro, sendo esse aproveitamento prolongado no tempo pelas formigas através da disrupção ou morte dos inimigos naturais das cochonilhas-algodão. Curiosamente foram identificadas para a localidade da Silveira e de Campelos, duas espécies de formiga distintas (*L. humile* e *P. pygmaea*) associadas às duas espécies de cochonilhas-algodão identificadas neste trabalho (*P. viburni* e *P. madeirensis*).

A aplicação de matéria orgânica, sob a forma de estrume, antes do início da campanha, em adubação de fundo, pelo produtor de Campelos, poderá ter favorecido as populações de cochonilhas-algodão. Hogendorp *et al.* (2006) verificaram que adubações azotadas elevadas numa planta ornamental infestada com a cochonilha-algodão *P. citri* aumentava a sua fecundidade e antecipava a sua maturidade sexual. Os mesmos autores colocaram como hipótese que em plantas tratadas com elevados níveis de azoto a alimentação de seiva elaborada enriquecida com compostos azotados durante os primeiros instares das fêmeas, assim como, a possibilidade de fazer uma alimentação

diferenciada e seletiva (devido à existência de maior disponibilidade de diferentes compostos azotados necessários ao seu metabolismo) sob essas condições, poderão conduzir ao aumento e antecipação, respetivamente, das suas capacidade reprodutiva e maturidade sexual.

A identificação de *L. algerica* e *A. amnestos* corresponde à primeira referência destes parasitóides parasitando cochonilhas-algodão em culturas protegidas, em Portugal, (identidade a ser confirmada por taxonomista). Anga e Noyes (1999) especularam que *L. algerica* poderia ser uma sinonímia da espécie *Leptomastix epona* (Walker), uma vez que morfologicamente ambas eram idênticas, apesar da existência de uma coloração, para *L. algerica*, mais escura do corpo. Os autores restringiam a distribuição da espécie *L. algerica* à Argélia, Chipre e Grécia, tendo expandido para Israel em 2009 (Eliyahu *et al.*, 2010) e Espanha em 2010 (Salmerón, 2011). A comercialização deste parasitóide em vários países da bacia mediterrânica, iniciou-se como forma de controlar uma espécie problemática de cochonilha-algodão alóctone e muito prejudicial para culturas solanáceas, *P. solani*. Esta espécie, presente em Espanha desde 2010, em culturas protegidas da região de Almeria, levou a que um número elevado de produtores dessa região realizasse largadas desse parasitóide. A recolha de exemplares do parasitóide, no Algarve, no ensaio ao ar livre utilizado na medição da refletância de folhas de tomateiro infestadas propositadamente com a cochonilha-algodão *P. viburni* (em Faro), poderia ser consequência da migração do parasitóide ao longo da costa e da relativa proximidade geográfica das regiões do Algarve e Andaluzia. Durante os ensaios de incubação e emergência de parasitóides, verificou-se a emergência de quantidade considerável de indivíduos de *L. algerica* a partir da cochonilha-algodão *P. viburni*. Já Blumberg e van Driesche (2001) tinham verificado, em Israel, que as taxas de encapsulação do mesmo parasitóide em *P. viburni* eram de 30% e que portanto havia uma afinidade parasitóide/hospedeiro intermédia.

A presença de *A. amnestos* na região Oeste foi detetada numa estufa produtora de tomate, tendo possivelmente chegado fortuitamente a Portugal de um dos países onde já havia sido identificado (Itália, Índia ou EUA). Esta espécie foi recentemente encontrada a parasitar *P. madeirensis*, em cafeeiro, em estufas do Centro Internacional de Ferrugens do Cafeeiro, em Oeiras (J.C.Franco, com. pessoal, 2016). De acordo com Rameshkumar *et al.* (2013), esta espécie é coinobionte e gregária, tendo elevada seletividade para *P. madeirensis*.

De acordo com Franco *et al.* (2000), as gamas de temperaturas ideais para o desenvolvimento ninfal e das fêmeas adultas dessa espécie encontram-se, respetivamente, entre os 26-30°C e entre os 27-30°C. Para a humidade relativa, os mesmos autores, explicam que nas cochonilhas-algodão este parâmetro não tem muita influência no seu desenvolvimento desde que o seu hospedeiro não se encontre em stress hídrico. No nosso caso, apesar de não ser possível fazer comparações de temperaturas e humidades relativas entre estufas e produtores nas duas explorações onde se realizaram as amostragens em plantas marcadas, devido às medições terem sido discretas e realizadas em momentos diferentes. A utilização de diferentes variedades de tomateiro pelos produtores também não permitem a realização de comparações entre explorações. No entanto verifica-se que foram registadas maiores populações da espécie quando as plantas

estavam mais desenvolvidas. A existência no dia 13 de agosto de plantas menos desenvolvidas (ainda sem cachos de frutos), devido a ter-se iniciado uma nova campanha poderá ser uma razão para não terem sido registados indivíduos da espécie, no entanto, poder-se-á colocar a hipótese de nesse período as temperaturas mais elevadas favorecerem o desenvolvimento de parasitóides ou que as altas temperaturas ou substâncias ativas aplicadas pelos produtores, tenham diminuído as populações de cochonilhas-algodão. Verificou-se também que um mês após o início da segunda campanha da estufa 2, os novos hospedeiros vegetais já se encontravam colonizados com adultos de cochonilhas-algodão, assim como com ovos na base do caule e páginas inferiores das folhas, o que sugere que os indivíduos persistiram na estufa entre campanhas. Essa persistência da praga no interior da estufa poderá ser o resultado de uma prática destes produtores, e muito comum na região, i.e., o corte dos tomateiros pelo caule, à altura do substrato. Neste caso, a permanência no substrato de uma parte do caule e da raiz permite aos adultos e ovos sobreviver durante a fase de repouso entre culturas, até que sejam plantadas as novas plantas, conforme Jacobson (2002) já havia verificado no Inverno no Reino Unido. Convém no entanto referir, que existe variabilidade populacional das cochonilhas-algodão, entre ambos os produtores, associada à existência de diferentes condições ambientais, principalmente de temperatura e humidade (inerentes às características e capacidade de regulação ambiental das estufas utilizadas), de distintos tipos de gestão cultural e da utilização de diferentes variedades de tomate. A relevância destes fatores poderá explicar-se pela influência que têm no microclima associado às cochonilhas-algodão, na quantidade e qualidade da seiva absorvida e nas relações existentes com as formigas e inimigos naturais.

A dificuldade em marcar plantas devido à forma e tamanho irregular das estufas ou ao seu estado fenológico, levou a que por vezes o planeamento e marcação de plantas não fosse muito eficaz. Um desses casos foi a marcação da estufa 7 (produtor B), onde a forma irregular da estufa fez com que uma das extremidades não fosse amostrada. Verificou-se porém, a meio da primeira campanha que um número razoável de plantas nessa extremidade (próxima de uma vala de drenagem e de uma figueira) se encontravam infestadas, pelo que se decidiu amostrar um maior número de plantas, para incluir essa zona. Os resultados obtidos nas amostragens ao acaso de plantas, tendo como unidade de amostragem as folhas, não permitiram obter uma correlação com as amostragens em plantas marcadas, uma vez que não representavam com fiabilidade as populações de cochonilhas-algodão nas estufas. Após comparação do número médio de indivíduos e o número de plantas infestadas conclui-se que as cochonilhas-algodão apresentaram pouca mobilidade, permanecendo a maior parte do tempo nas mesmas plantas. Ivars (2014) explicou que as cochonilhas-algodão tendem a ter um comportamento sedentário e que as ninfas de primeiro e segundos instares tendem a estabelecer-se junto às fêmeas adultas, quando as condições são favoráveis, podendo nalgumas espécies migrar para outros estratos do hospedeiro, adaptando-se ao ciclo fenológico do mesmo. A análise da distribuição das cochonilhas-algodão no interior das estufas revelou que as infestações se localizaram principalmente junto às paredes das estufas, sugerindo que os primeiros focos de infestação tendem a formar-se a partir da entrada de indivíduos provenientes de colónias associadas a infestantes no exterior da estufa, através das aberturas laterais, e que portanto as cochonilhas-algodão não provinham de plântulas compradas de viveiros regionais. A

hipótese de que as cochonilhas-algodão poderiam advir de viveiros colocou-se, uma vez que foi localizada num viveiro de tomateiros da região, por parte de técnicos do laboratório de entomologia do DCEB, a presença no interior do mesmo de uma planta ornamental infestada com cochonilhas-algodão. O cálculo do índice de agregação da lei de potência de Taylor indica que as cochonilhas apresentam um padrão de distribuição espacial agregado, no interior das estufas amostradas, com níveis de infestação mais elevados tendencialmente junto às paredes das estufas. Este comportamento está de acordo com o observado por Ivars (2014), em *P. peruvianus*, que apresentava forte agregação, especialmente nos primeiros instares.

Entre 5 e 23 de junho e entre 13 de agosto e 21 de setembro, verifica-se um aumento populacional associado a um maior número de fêmeas adultas e a uma redistribuição destas pelos órgãos dos hospedeiros. O aumento do número de plantas infestadas nesses períodos está associado a novas colonizações, a partir da eclosão de posturas existentes, por exemplo, no substrato, ou a partir do exterior da estufa, bem como da dispersão de indivíduos a partir de plantas infestadas. O facto dos agricultores acompanhados aplicarem inseticidas contendo as substâncias ativas espinosade, clorantanoliprol, abamectina ou espirotetramato poderá provocar efeitos secundários nas populações dos inimigos naturais. Num estudo de Biondi *et al.* (2012), acerca dos efeitos secundários nas populações de um predador generalista, *Orius laevigatus* (Fieber), em cultura protegida de tomate em Itália, quando comparando inseticidas sintéticos (contendo as substâncias ativas clorantanoliprol, indoxacarbe e metaflumizone) e biopesticidas (contendo as substâncias ativas abamectina, azadiractina, emamectina e espinosade e *Bacillus thuringiensis*) verificou-se que o predador era: muito suscetível à substância ativa abamectina (com nível quatro na escala IOBC para estudos laboratoriais - efeitos letais e subletais importantes), mesmo 14 dias após a aplicação do inseticida; moderadamente suscetível às substâncias ativas espinosade e emamectina (com nível três na escala IOBC para estudos laboratoriais - efeitos letais e subletais moderados), mesmo sete dias após a aplicação do inseticida; não suscetível à substância ativa clorantanoliprol (com nível um na escala da IOBC para estudos laboratoriais - inócuo ou com efeitos letais e subletais insignificantes). Os autores argumentam que a elevada persistência da substância ativa abamectina em estufas mediterrânicas poderia estar relacionada com a sua baixa degradação por raios ultravioletas, a sua baixa absorção foliar e/ou a sua baixa atividade translaminar em tomateiro. Referem também que em estufas canadianas, a mesma substância ativa tinha, quando sujeita a radiação solar, pouca persistência devido à sua fotólise, mas que em estufas mediterrânicas o mesmo não acontecia devido à aplicação na cobertura, pelos produtores, de redes de ensombramento e filtros com o fim de proteger as plantas da radiação solar direta. Em relação a inseticidas contendo espinosade, os referidos autores concluem que a elevada toxicidade e persistência moderada tem efeitos secundários no comportamento reprodutor dos predadores, isto apesar de outros autores, como Williams *et al.* (2003), não o terem verificado. Biondi *et al.* (2012) argumentam que esses efeitos poderão ser resultado da acumulação de toxinas, uma vez que o inseto tem um comportamento omnívoro, alimentando-se tanto de presas como de plantas. No entanto, Williams *et al.* (2003), num levantamento de artigos científicos com registo de efeitos secundários em inimigos naturais em resultado da substância ativa espinosade, verificaram que os

parasitóides himenópteros parecem ser muito suscetíveis a essa substância ativa, afetando-lhes o tamanho da descendência, a longevidade e as capacidades de emergir, de se reproduzir, de localizar o hospedeiro e de pupar com sucesso. Suma e Mazzeo (2008) avaliando os efeitos secundários de pesticidas em *A. pseudococci*, em laboratório, verificaram que este parasitóide era muito suscetível às substâncias ativas clorpirifos e espinosade (com nível quatro na escala IOBC para estudos laboratoriais - redução da taxa de parasitoidismo muito importante) e não suscetível à substância ativa piriproxifena (com nível um na escala da IOBC para estudos laboratoriais - sem redução da taxa de parasitoidismo), apesar de referirem que esta última afeta ligeiramente a mortalidade, a fecundidade e a longevidade do parasitóide. Noutro estudo, Bernardo e Viggiani (2000) verificaram em laboratório, que a toxicidade por ingestão e contacto da substância ativa espinosade no parasitóide *L. dactylopii* era elevado e persistente (com nível quatro na escala IOBC), mas que em ensaios de semi-campo (em gaiola), esses efeitos eram menores (com nível três na escala IOBC). A utilização do óleo vegetal como adjuvante (juntamente com abamectina) pelo produtor A também poderá ter, para além dos inseticidas, reduzido as populações das cochonilhas-algodão, pois pensa-se que os óleos vegetais provocam-lhes a morte por asfixia (Deyton *et al.*, 2011). No entanto, Biondi *et al.* (2012) consideram que a utilização desses óleos não tem efeitos subletais nos inimigos naturais. Biondi *et al.* (2012), recomendam que em Proteção Integrada sejam utilizadas substâncias ativas mais seletivas (como azadiractina, clorantraniliprol ou indoxacarbe) ou *B. thuringiensis*, no combate de pragas como a larva-mineira, devendo não ser aplicadas as substâncias activas abamectina ou espinosade, quando se pretende deixar a população de *O. laevigatus* aumentar naturalmente ou fazer largadas do mesmo. A utilização da substância ativa piriproxifena não estava de acordo com a lista de finalidades da *Direção Geral de Alimentação e Veterinária* (DGAV) homologada para a cultura do tomate (DGAV, 2015). No entanto, após contato com a empresa ADAMA verificou-se que piriproxifena está homologada em Portugal para o combate à mosca-branca nas culturas do tomateiro e beringela, mas que a lista de finalidades da DGAV não se encontra atualizada (ADAMA, 2016). Contudo, a substância ativa flonicamida não está homologada em Portugal para a produção de hortícolas, exceptuando para a abóbora e melancia, pelo que a sua utilização está proibida para o tomate (DGAV, 2015). Verifica-se que os produtores A e B, assim como vários produtores que responderam aos inquéritos, aplicaram substâncias ativas não homologadas para as culturas hortícolas, possivelmente devido às limitações quanto ao número de aplicações permitidas por campanha e por substância ativa ou à diminuição de eficácia de algumas substâncias ativas homologadas para a luta química contra as pragas do tomate.

A utilização da técnica de espectrometria ótica na deteção não-invasiva da espécie de cochonilha-algodão *P. viburni* mostrou ser promissora, uma vez que permitiu distinguir folhas de plantas infestadas de folhas de plantas testemunha (sem cochonilha-algodão). Xu *et al.* (2007), em ensaios de espectroscopia ótica com larva-mineira em tomateiro produzido em ambiente protegido, verificaram que folhas infestadas por larva-mineira tinham tendência para refletir menos radiação para comprimentos de onda de 800-1100 nm do que em folhas testemunha. De acordo com os autores, esse resultado poderá ser devido a um colapso da estrutura interna das folhas, na medida que a larva-mineira, ao alimentar-se, cria galerias visíveis e de cor acinzentada nas folhas que alteram as

propriedades óticas das folhas. Esses resultados são consistentes com os resultados obtidos neste trabalho, em que se verificou que folhas infestadas com *P. viburni* tinham tendência a refletir menos radiação para comprimentos de onda dos 800-1000 nm. A disrupção da arquitetura interna das células da epiderme pelas cochonilhas-algodão parece afetar a qualidade de luz refletida/absorvida, através do aumento da radiação NIR (infravermelho próximo) absorvida pelas folhas (Liew *et al.*, 2008). No entanto, a dificuldade em localizar os estragos à vista desarmada provocados pela cochonilha-algodão em fases iniciais de infestação, ao contrário da larva-mineira onde os estragos são visíveis, torna difícil concluir que forma a cochonilha-algodão interfere com as propriedades óticas das folhas. Adicionalmente, Xu *et al.* (2007) verificaram que a larva-mineira também aumenta a refletância nos comprimentos de onda de 1450 nm e 1900 nm. Liew *et al.* (2008) explicam que a absorção de radiação eletromagnética pela água, presente numa folha saudável, ocorre fortemente nos 1450nm e 1900 nm, sendo por isso determinante no comportamento da curva de refletância no infravermelho médio. Xu *et al.* (2007) concluem que, de acordo com a severidade do estrago provocado pela larva-mineira, o conteúdo hídrico das folhas tende a diminuir, resultando num aumento da refletância nesses comprimentos de onda. Do mesmo modo, Prabhakar *et al.* (2013), num ensaio para aferir o estrago provocado pela cochonilha-algodão *P. solenopsis*, em algodão, através da espectroscopia ótica determinaram que os comprimentos de onda mais sensíveis à cochonilha-algodão eram 492 nm, 550 nm, 674 nm, 768 nm e 1454 nm, tendo aferido diferenças significativas nos comprimentos de onda verde, infravermelho próximo (NIR) e infravermelho de onda curta (SWIR), assim como no vermelho quando as densidades da cochonilha-algodão eram elevadas. De acordo com estes autores, vários estudos parecem sugerir que há uma redução no conteúdo foliar de clorofila, devido aos hábitos alimentares dos insetos hemípteros. Adicionalmente, verificaram em plantas infestadas uma tendência para o decréscimo no conteúdo foliar de clorofila, sem que houvesse alterações no rácio clorofila a/clorofila b. De acordo com Calatayud e Ru (2006), quando utilizaram a técnica *Electrical Penetration Graphs* (EPG), para analisar como a cochonilha-algodão *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero se alimentava de mandioca, verificaram que a mesma libertava saliva com enzimas que degradavam a pectina e celulose para o interior através de várias perfurações dos tecidos vegetais, antes de atingir o floema, provocando assim estragos na estrutura interna da folha. Por outro lado, Prabhakar *et al.* (2013) e Pegadaraju *et al.* (2005), em estudos acerca da indução de processos de senescência em folhas de *Arabidopsis thaliana* por afídeos (*Myzus persicae* Sulzer), verificaram que as enzimas presentes na saliva dos hemípteros, como a celulase e a pectinase, durante a sua alimentação, hidrolisam localmente as paredes celulares das células vegetais presentes nas folhas, acabando por desencadear, na folha processos sistémicos de senescência (visíveis sob a forma de cloroses), como a morte programada do conteúdo celular dos tecidos foliares, incluindo dos pigmentos fotossintéticos, e a exportação de nutrientes das folhas senescentes para outros locais da planta.

8. Conclusão

No presente trabalho, foi possível concluir que as cochonilhas-algodão têm vindo a aumentar de importância nas produções de tomate, em ambiente protegido na região Oeste, e que se têm mantido/disseminado nas estufas, possivelmente como resultado de práticas culturais que favorecem o seu estabelecimento. A modificação de algumas práticas culturais pelos produtores, como por exemplo a substituição com frequência dos substratos e a desinfeção de equipamentos de rega/valas de drenagem durante os períodos de repouso das campanhas, poderiam possivelmente diminuir a incidência das infestações de cochonilhas-algodão. Apesar do recente aumento de importância das cochonilhas-algodão na região, as espécies identificadas (*P. viburni* e *P. madeirensis*) não representam novas introduções na região. Contudo, convém recordar que a referência de *P. solani* em Espanha apresenta um risco acrescido de introdução e disrupção da produção de tomate do Oeste pelo que, deveriam ser tomadas medidas preventivas para minimizar prejuízos resultantes de uma futura introdução (i.e., evitar a importação de plantas de Almeria).

O estudo da distribuição espacial e temporal das cochonilhas-algodão, em algumas estufas afetadas, permitiu apurar a existência de um padrão de distribuição agregado, com focos tendencialmente localizados próximo das paredes laterais das estufas. Assim, em futuras amostragens, o esforço deverá incidir especialmente nesses locais. Conclui-se que as infestações foram mais importantes, sob o ponto de vista do número de indivíduos, da diversidade de estados de desenvolvimento e do número de órgãos vegetais colonizados, quando as culturas se encontravam no período da colheita (aproximadamente um mês antes do fim da campanha). Adicionalmente, deveria ser considerada a necessidade de homologação de inseticidas para o combate a cochonilhas, em estufa, tendo em conta, preferencialmente, as substâncias ativas já homologadas na cultura para outras pragas e as que se encontram homologadas para cochonilhas-algodão em culturas protegidas, noutros países, como por exemplo Espanha. A possível utilização de agentes de luta biológica, em largadas aumentativas, também deve ser considerada. A este propósito é de realçar a deteção no Oeste e no Algarve, no âmbito do presente trabalho, de duas novas espécies de parasitóides de cochonilhas-algodão (provavelmente, *L. algerica* e *A. amnestos*). Por último, verificou-se que folhas de plantas infestadas por *P. viburni* apresentam menor refletância na região do infravermelho próximo comparativamente com folhas testemunha, demonstrando que a espectroscopia ótica tem potencial para a deteção precoce de infestações de *P. viburni* em tomateiro ao ar livre, pelo que seria interessante aplicar a técnica futuramente em cultura protegida, onde recentemente os problemas com as cochonilhas-algodão têm vindo a tornar-se relevantes.

9. Referências bibliográficas

- ADAMA. (2016). Obtido de http://www.adama.com/portugal/pt/Images/Lascar-1-S_tcm108-75724.pdf, consultado a 20 de Janeiro de 2016
- Afonso, A. M. (2015). Utilização de sensores óticos na deteção de agentes patogénicos nas plantas. *Tese de Mestrado*, Universidade do Algarve.
- Aguiar, A. (1999). *Pragas das culturas hortícolas e ornamentais protegidas*. Madeira: Secretaria Regional da Agricultura e Pescas.
- Amaro, P. (2003). *A Protecção Integrada* (1ª ed.). Lisboa (Portugal): ISAPRESS.
- Andrade, A. C. (2014). Cochonilhas-algodão associadas ao cafeeiro em estufas. *Tese de Mestrado*.
- Anga, J.-M., & Noyes, J. S. (1999). *A revision of the African and Malagasy species of the genus Leptomastix (Hymenoptera, Encyrtidae), parasitoids of mealybugs (Homoptera:Pseudococcidae)*. Londres (Reino Unido): The Natural History Museum.
- Arif, M. I., Rafiq, M., & Ghaffar, A. (2009). Host plants of cotton mealybug (*Phenacoccus solenopsis*): A new menace to cotton agroecosystem of Punjab, Pakistan. *International Journal of Agriculture & Biology*, 11, pp. 163-167.
- Basana Gowda, G., Chakravarthy, A., Jagadish, K., & Kandakoor, S. (2014). Ecology and distribution of papaya mealybug, *Paracoccus marginatus* Williams and Granara De Willink (Hemiptera: Pseudococcidae) in South Karnataka. *Current Biotica*, 7, pp. 266-274.
- Beltrà, A., & Soto, A. (2011). New records of mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) from Spain. *Phytoparasitica*, 39, pp. 385-387.
- Ben-Dov, Y. (2005). Note: The solanum mealybug, *Phenacoccus solani* ferris (Hemiptera: Coccoidea: Pseudococcidae), extends its distribution range in the mediterranean basin. *Phytoparasitica*, 33, pp. 15-16.
- Ben-Dov, Y. (2012). The scale insects (Hemiptera : Coccoidea) of Israel—checklist, host plants, zoogeographical considerations and annotations on species. *Israel Journal of Entomology*, 41, pp. 21-48.
- Ben-Dov, Y. (2014). *Scalenet*. Obtido de <http://www.sel.barc.usda.gov/scalecgi/scaleson.exe?family=Solanaceae&scalefamily=All&genus=&scalegenus=&species=>, consultado a 23 de Maio de 2015
- Bernardo, U., & Viggiani, G. (2000). Effects of spinosad, a new insect control agent naturally derived, on the mealybug parasitoid *Leptomastix dactylopii* Howard (Hymenoptera: Encyrtidae). *Integrated Control in Viticulture*, 22, pp. 81-84.
- Biondi, A., Desneux, N., Siscaro, G., & Zappalà, L. (2012). Using organic-certified rather than synthetic pesticides may not be safer for biological control agents: Selectivity and side effects of 14 pesticides on the predator *Orius laevigatus*. *Chemosphere*, 87, pp. 803-812.

- Blumberg, D., & van Driesche, R. G. (2001). Encapsulation Rates of Three Encyrtid Parasitoids by Three Mealybug Species (Homoptera: Pseudococcidae) Found Commonly as Pests in Commercial Greenhouses. *Biological Control*, 22, pp. 191-199.
- Calvin, L., & Cook, R. (2005). North American Greenhouse Tomatoes Emerge as a Major Market Force. 2, pp. 20-27.
- Carvalho, S. M. (2000). Water availability in Almeria. In J. M. Costa, & E. Heuvelink, *Greenhouse Horticulture in Almeria- Report on a Study Tour* (pp. 39-47). Wageningen University, The Netherlands.
- Castilla, N. (2013). *Invernaderos de Plástico. Tecnología y manejo*. (2ª edição ed.). Mundi-Prensa.
- Cho, K., Kang, S. H., & Lee, J. O. (1998). Spatial Distribution of Thrips in Greenhouse Cucumber and Development of a Fixed-Precision Sampling Plan for Estimating Population Density. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 1, pp. 163-170.
- Clark, S. J., & Perry, J. N. (1994). Small sample estimation for Taylor's power law. *Environmental and Ecological Statistics*, 1, pp. 287-302.
- Culik, M. P., & Gullan, P. J. (2005). A new pest of tomato and other records of mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) from Espírito Santo, Brazil. *Zootaxa*, 964, pp. 1-8.
- Deyton, D. E., Sams, C. E., Cannon, A. L., Cummins, J. C., & Windham, M. T. (2011). Management of Powdery Mildew on Flowering Dogwood with Soybean Oil. *Journal of Environmental Horticulture*, 29, pp. 185-192.
- Direção Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV). (2015). Obtido de http://www.dgav.pt/fitofarmaceuticos/guia/finalidades_guia/Insec&Fung/Culturas/tomateiro.htm, consultado a 29 de Novembro de 2015
- Eliyahu, M., Protasov, A., Blumberg, D., Japoshvili, G., Ben-Dov, Y., & Mendel, Z. (2010). Problematic occurrence and biological control possibilities of the solanum mealybug in Israel. *Abstract book da apresentação do 12º "International Symposium on Scale Insect Studies"*, (pp. 24-25). Creta, Grécia.
- Etienne, J., Delvare, G., & Aberlenc, H. (1992). Contribution à la connaissance de l'arthropodofaune associée aux cultures de Casamance (Sénégal). *Bollettino di Zoologia agraria e di Brachicoltura*, 24, pp. 159-193.
- EUROSTAT. (2015). Obtido de <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do>, consultado a 17 de Maio de 2015
- Extension Utah State University (EUSU). (2015). Obtido de <https://extension.usu.edu/nasa/htm/on-target/near-%20infrared-tutorial>, consultado a 26 de Novembro de 2015
- Fallahzadeh, M., Abdimaleki, R., & Saghaei, N. (2014). Host Plants of the Newly Invasive Mealybug Species, *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae), in Hormozgan Province, Southern Iran. *Entomofauna*, 35, pp. 169-176.

- Fand, B. B., & Suroshe, S. S. (2015). The invasive mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley, a threat to tropical and subtropical agricultural and horticultural production systems - A Review. *Crop Protection*, 69, pp. 34-43.
- Fathi, S. A., & Bakhshizadeh, N. (2014). Spatial distribution of overwintered adults of *Eurygaster integriceps* (Hemiptera: Scutelleridae) in wheat fields of Ardabil province. *Journal of Crop Protection*, 3 (Supplementary), pp. 645-654.
- Franco, J. C., da Silva, E. B., & de Carvalho, J. P. (2000). *Cochonilhas-algodão (Hemiptera, Pseudococcidae) associadas aos citrinos em Portugal*. Lisboa (Portugal): ISA Press.
- Franco, J. C., Russo, A., & Marotta, S. (2011). An annotated checklist of scale insects (Hemiptera: Coccoidea) of Portugal, including Madeira and Azores Archipelagos. *Zootaxa*, 32, pp. 1-32.
- Franco, J. C., Suma, P., da Silva, E. B., Blumberg, D., & Mendel, Z. (2004). Management Strategies of Mealybug Pests of Citrus in Mediterranean Countries. *Phytoparasitica*, 32, pp. 507-522.
- Franco, J. C., Zada, A., & Mendel, Z. (2009). Novel Approaches for the Management of Mealybug Pests. In I. Ishaaya, A. R. Horowitz, I. Ishaaya, & A. R. Horowitz (Edits.), *Biorational Control of Arthropod Pests* (pp. 233-278). Dordrecht (Holanda): Springer.
- Germain, J. -F., Minatchy, J., Pastou, D., Bagny, P., Méron, S., Pallas, R., . . . Matile-Ferrero, D. (2014a). An Updated Checklist of the Scale Insects from Réunion. *Acta Zoologica Bulgarica*, 6, pp. 21-27.
- Germain, J.-F., Sookar, P., Buldawoo, I., Permalloo, S., & Quilici, S. (2014b). Trois espèces de Cochenilles potentiellement invasives nouvelles pour l'île Maurice (Hemiptera, Coccoidea, Pseudococcidae). *Bulletin de la Société entomologique de France*, 119, pp. 27-29.
- Gibbs, I., & Taylor, B. (2010). *A Review of the Biological Control Program for the Pink Hibiscus Mealybug Maconellicoccus hirsutus (Green) (Homoptera: Pseudococcidae) in Barbados: Problems and Progress*. Barbados: Ministério da Agricultura.
- Golan, K. (2008). Characteristics of the honeydew excretion process of *Coccus hesperidum* (Linnaeus, 1758)/Hemiptera, Coccoidea/ in different developmental stages. In E. Cichocka (Ed.), *Aphids and other hemipterous insects* (Vol. 14, pp. 111-121). Liubliana (Polónia): Hemipterological Group Polish Entomological Society.
- Golan, K., Rubinowska, K., Kmiec', K., Kot, I., Górski-Drabik, E., Łagowska, B., & Michałek, W. (2015). Impact of scale insect infestation on the content of photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence in two host plant species. *Arthropod-Plant Interactions*, 9, pp. 55-65.
- GPP. (Fevereiro, 2007). *Frutas, Hortícolas e Flores*. Lisboa (Portugal): Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas.
- Granara de Willink, M. C. (2003). Nuevas citas y huéspedes de *Phenacoccus* para la Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 62, pp. 80-82.

- Gullan, P. J., & Martin, J. H. (2009). Sternorrhyncha (jumping plant-lice, whiteflies, aphids, and scale insects). In V. & Resh, *Encyclopedia of Insects* (pp. 957–967). San Diego: Elsevier.
- Hardin, M. R., Benrey, B., Coll, M., Lamp, W. O., Roderick, G. K., & Barbosa, P. (1995). Arthropod pest resurgence: an overview of potential mechanisms. *Crop Protection*, 14, pp. 3-18.
- Heuvelink, E., & Costa, J. M. (2005). Introduction: the tomato crop and industry. In E. Heuvelink, *Tomatoes* (pp. 1-20). CABI Publishing.
- Hogendorp, B. K., Cloyd, R. A., & Swiader, J. M. (2006). Effect of Nitrogen Fertility on Reproduction and Development of Citrus Mealybug, *Planococcus citri* Risso (Homoptera: Pseudococcidae), Feeding on Two Colors of Coleus, *Solenostemon scutellarioides* L. Codd. *Environmental Entomology*, 35, pp. 201-211.
- Ibrahim, S. S., Moharum, F. A., & Abd El-Ghany, N. M. (2015). The cotton mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) as a new insect pest on tomato plants in Egypt. *Journal of Plant Protection Research*, 55, pp. 2008-2011.
- INE. (2009). *Recenseamento Agrícola*. Lisboa (Portugal): Instituto Nacional de Estatística (INE).
- INE. (2013). *Estatísticas Agrícolas*. Lisboa (Portugal): Instituto Nacional de Estatística (INE).
- Isaksson, T., & Næs, T. (1988). The Effect of Multiplicative Scatter Correction (MSC) and Linearity Improvement in NIR Spectroscopy. *Applied Spectroscopy*, 42, pp. 1273-1284.
- Ivars, A. B. (2014). Biology and management of the invasive mealybug *Phenacoccus peruvianus* (Hemiptera: Pseudococcidae) in urban landscapes. *Tese de Doutoramento*.
- Ivars, A. B., & Sánchez, A. S. (2012). *Pseudocóccidos de importancia agrícola y ornamental en España*. España: Universidad Politècnica de València.
- Jacobson, Rob; Stockbridge Technology Centre Ltd. (2002). *Protected tomato: Integrated control of mealybugs*. Stockbridge Technology Centre Ltd.; Cawood, Selby, North Yorkshire, YO8 3TZ.: AHDB Horticulture.
- Jansen, M. (19th and 23rd April 2004). An updated list of scale insects (Hemiptera, Coccoidea) from import interceptions and greenhouses in the Netherlands. *Proceedings of the X International Symposium on Scale Insect Studies*.
- Kaydan, M. B., Çalışkan, A. F., & Ulusoy, M. R. (2013). New record of invasive mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) in Turkey. *EPPO Bulletin*, 43, pp. 169-171.
- Kaydan, M. B., Erkiliç, L., & Ülgentürk, S. (2012). An invasive mealybug species *Phenacoccus madeirensis* Green (Hemiptera: Coccoidea, Pseudococcidae) introduced recently into Turkey. *Turkish Bulletin of Entomology*, 2, pp. 67-74.
- Liew, O. W., Chong, P. C., Li, B., & Asundi, A. K. (2008). Signature Optical Cues: Emerging Technologies for Monitoring. *Sensors*, 8, pp. 3205-3239.

- Malumphy, C., Moyses, A., & Kahrer, A. (2015). First record of Bougainvillea mealybug (*Phenacoccus peruvianus*, Pseudococcidae) on sweet pepper in a greenhouse in Austria. *Journal für Kulturpflanzen*, 67, pp. 254-256.
- Malumphy, C., Stevens, E., & Williams, D. J. (2014). First European record of *Chryseococcus arecae* (Maskell) (Hemiptera: Sternorrhyncha, Pseudococcidae), a hypogeal mealybug pest of ornamental plants. *Entomologist's Gazette*, 65, pp. 30–36.
- Mansour, R., Suma, P., Mazzeo, G., La Pergola, A., Pappalardo, V., Lebdi, K. G., & Russo, A. (2012). Interactions between the ant *Tapinoma nigerrimum* (Hymenoptera: Formicidae) and the main natural enemies of the vine and citrus mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae). *Biocontrol Science and Technology*, 22, pp. 527-537.
- Massachusetts Institute of Technology (MIT). (2004). Obtido de <http://web.mit.edu/5.33/www/lec/spec1.pdf>, consultado a 5 de Janeiro de 2016
- Miller, D. R., Miller, G. L., & Watson, G. W. (2002). Invasive species of mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) and their threat to U.S. agriculture. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 4, pp. 825-836.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). (2015). Obtido de <http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/registro/productos/datfor.asp?IdFormulado=2503&plagEfecto=662>, consultado a 27 de Setembro de 2015
- Miranda, C. S., Henriques, S., Carvalho, A., Rodrigues, A. S., Miranda, C. S., Rosa, M. D., . . . da Silva, R. G. (2004a). *Manual de Produção Integrada de Culturas Hortícolas*. Associação Interprofissional de Horticultura do Oeste.
- Miranda, C. S., Henriques, S., Rodrigues, L., Rodrigues, A. S., Monteiro, A. A., Caço, J., . . . Antunes, L. E. (2004b). *Manual de Culturas Hortícolas sem solo*. Associação Interprofissional de Horticultura do Oeste.
- Moghaddam, M. (2006). The mealybugs of southern Iran (Hem.: Coccoidea: Pseudococcidae). *Journal of Entomological Society of Iran*, 26, pp. 1-11.
- Nakahira, K., & Arakawa, R. (2006). Development and Reproduction of an exotic pest mealybug, *Phenacoccus solani* (Homoptera: Pseudococcidae) at three constant temperatures. *Japanese Society of Applied Entomology and Zoology*, 41, pp. 573-575.
- Observatório dos Mercados Agrícolas e das Importações Agro-Alimentares (OMAIAA). (2011). Obtido de http://www.observatorioagricola.pt/item.asp?id_item=110, consultado a 27 de Setembro de 2015
- Pegadaraju, V., Knepper, C., Reese, J., & Shah, J. (2005). Premature Leaf Senescence Modulated by the Arabidopsis PHYTOALEXIN DEFICIENT4 Gene Is Associated with Defense against the Phloem-Feeding Green Peach Aphid. *Plant Physiology*, 139, pp. 1927-1934.

- Pilkington, L. J., Messelink, G., van Lenteren, J. C., & Mottee, K. L. (2010). Protected Biological Control – Biological pest management in the greenhouse industry. *Biological Control*, 52, pp. 216-220.
- Pitan, O., Babarinde, S., Adesina, G., & Akintola, A. (2011). Host plants of the cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Homoptera: Pseudococcidae) in three selected towns of Nigeria, and its infestation pattern. *Journal of Agricultural Science and Environment*, 11, pp. 59-67.
- Prabhakar, M., Prasad, Y. G., Vennila, S., Thirupathi, M., Sreedevi, G., Rao, G. R., & Venkateswarlu, B. (2013). Hyperspectral indices for assessing damage by the solenopsis mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) in cotton. *Computers and Electronics in Agriculture*, 97, pp. 61-70.
- R Core Team. *R Foundation for Statistical Computing*. (2015). Obtido de <https://www.r-project.org/>, consultado a 14 de Janeiro de 2016
- Rameshkumar, A., Noyes, J. S., Poorani, J., & Chong, J. H. (2013). Description of a new species of *Anagyrus* Howard (Hymenoptera: Chalcidoidea: Encyrtidae), a promising biological control agent of the invasive Madeira mealybug, *Phenacoccus madeirensis* Green (Hemiptera: Sternorrhyncha: Pseudococcidae). *Zootaxa*, 3717 (1), pp. 76–84.
- Raschka. (2015). Obtido de http://sebastianraschka.com/Articles/2015_pca_in_3_steps.html, consultado a 5 de Janeiro de 2016
- Rodríguez, E. B., Vicente, I. P., & Castro, Á. M. (2003). Encuesta de los pseudocócidos de Cuba. Resultados del período 2001-2002. *Fitosanidad*, 7, pp. 31-36.
- Salmerón, J. M. (2011). *Prospección e identificación de cochinillas algodonosas (Hemiptera: Pseudococcidae) y búsqueda de parasitoides asociados en cultivos hortícolas protegidos del poniente almeriense*. Almeria: Universidad de Almeria.
- Savitzky, A., & Golay, M. J. (1964). Smoothing and Differentiation of Data by Simplified Least Squares Procedures. *Analytical Chemistry*, 36, pp. 1627-1639.
- Schoen, L., & Martin, C. (1999). Une "nouvelle" cochenille sur tomate. *Pseudococcus viburni*, ravageur potentiel en serre. *Phytoma - La Défense des Végétaux*, pp. 39-40.
- Serra, C., Tavares, H., Cavaco, M., Soares, C., Fernandes, J. E., Ramos, N., & Figueiredo, E. (2009). *Traça-do-tomateiro (Tuta absoluta), uma nova praga em Portugal*. Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural.
- Singh, A., & Gandhi, S. (April de 2012). Agricultural Insect Pest: Occurrence and Infestation Level in Agricultural Fields of Vadodara, Gujarat. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 2, pp. 1-5.

- Suma, P., & Mazzeo, G. (2008). Laboratory evaluation of pesticide secondary effects on *Anagyrus* sp. nov. near *pseudococci*, parasitoid of the citrus mealybug *Planococcus citri*. *Control in Citrus Fruit Crops*, 38, pp. 99-103.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2002). Photosynthesis: Physiological and Ecological considerations. In *Plant Physiology* (3 ed.), pp. 171-192. Sinauer Associates.
- University of Minnesota Extension. (2015). Obtido de <http://www.extension.umn.edu/garden/insects/find/scales/>, consultado a 6 de Junho de 2015
- Vennila, S., Ramamurthy, V. V., Deshmukh, A., Pinjarka, D. B., Agarwal, M., Pagar, P. C., . . . Bambawale, O. M. (2010). *A treatise on mealybugs of Central Indian cotton production system*. Nova Deli: National Centre for Integrated.
- Williams, D. J., & Granara de Willink, M. C. (1992). *Mealybugs of Central and South America*. Reino Unido: CAB International.
- Williams, D. J., & Watson, G. W. (1990). *The scale insects of the tropical South Pacific region. Part 3. The soft scales (Coccidae) and other families*. Oxford University Press.
- Williams, T., Valle, J., & Viñuela, E. (2003). Is the Naturally Derived Insecticide Spinosad® Compatible with Insect Natural Enemies? *Biocontrol Science and Technology*, 13 (Review Article), pp. 459-475.
- Wittwer, S. H., & Castilla, N. (1995). Protected Cultivation of Horticultural Crops Worldwide. *HortTechnology*, pp. 6-23.
- Xu, H. R., Ying, Y. B., Fu, X. P., & Zhu, S. P. (2007). Near-infrared Spectroscopy in detecting Leaf Miner Damage on Tomato Leaf. *Biosystems Engineering*, 96, pp. 447-454.

Anexos

Anexo 1 - Inquérito realizado aos produtores de hortícolas em ambiente protegido

INQUÉRITO

Este inquérito está a ser realizado no âmbito de uma dissertação de mestrado do **Instituto Superior de Agronomia**, com o objectivo de avaliar a importância das cochonilhas-algodão, em culturas protegidas, na região Oeste.

NOTA: O inquérito tem carácter **confidencial** e os dados colhidos serão tratados de forma **anónima**.

.....

Nome: _____

Freguesia(s) onde se localiza(m) a(s) sua(s) estufa(s): _____

Contacto: _____

.....

PARTE I

1. Já alguma vez teve ataques de cochonilhas-algodão nas suas estufas?
- ☐ Sim ☐ Não

PARTE II – SÓ PARA QUEM RESPONDEU “SIM” NA PERGUNTA ANTERIOR

2. a) Há quanto tempo observou, pela primeira vez, ataques desta praga?
- ☐ <1ano ☐ 1-3 anos ☐ 3-5 anos ☐ > 5 anos
- b) Com que frequência observou esses ataques?
- ☐ 1 vez ☐ 2 vezes ☐ 3 vezes ☐ > 3 vezes
3. Em que cultura ou culturas observou esta praga?
- ☐ Tomate ☐ Pimento ☐ Beringela ☐ Alface ☐ Feijão-verde ☐ Pepino ☐ Meloa
- ☐ Outra _____
4. No interior da estufa, os ataques da praga foram observados em:
- ☐ 1 ou 2 linhas ☐ em várias linhas
5. Que insecticidas utilizou no combate às cochonilhas-algodão?
- _____
6. Na sua opinião, a importância das cochonilhas-algodão na sua exploração tem vindo a:
- ☐ Aumentar ☐ Manter-se ☐ Diminuir

OBSERVAÇÕES: Gostaria de fazer algum comentário?

Agradeço a atenção e tempo dispensado neste inquérito! No verso o inquiridor pode deixar também algum comentário.

Anexo 2 - Resultados do programa informático IBM SPSS para a regressão da lei de potência de Taylor.

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Log_med ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: Log_var

b. All requested variables entered.

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,971 ^a	,942	,933	,1258921

a. Predictors: (Constant), Log_med

b. Dependent Variable: Log_var

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,550	1	1,550	97,800	,000 ^b
	Residual	,095	6	,016		
	Total	1,645	7			

a. Dependent Variable: Log_var

b. Predictors: (Constant), Log_med

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,900	,217		4,153	,006
	Log_med	1,537	,155	,971	9,889	,000

Coefficients^a

Model		95,0% Confidence Interval for B	
		Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	,370	1,430
	Log_med	1,157	1,917

a. Dependent Variable: Log_var

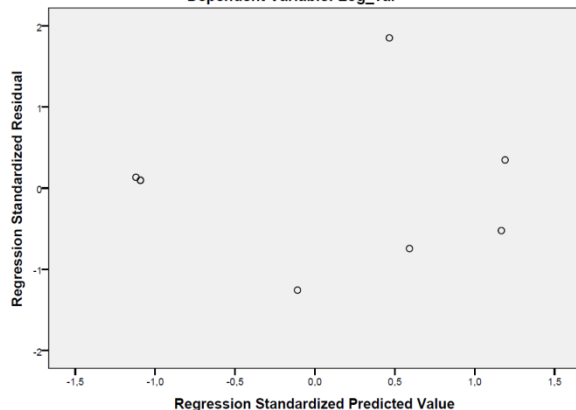
Residuals Statistics^a

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	-1,724384	-,636982	-1,197101	,4705641	8
Residual	-,1583540	,2331943	0E-7	,1165534	8
Std. Predicted Value	-,1121	1,190	,000	1,000	8
Std. Residual	-1,258	1,852	,000	,926	8

a. Dependent Variable: Log_var

Scatterplot

Dependent Variable: Log_var



Anexo 3 - Resultados dos gráficos da refletância, absorvância, contagens, transformações, derivações e PCAs dos resultados obtidos no ensaio das infestações com a cochonilha-algodão *P. viburni* em tomateiro no *Rstudio*.

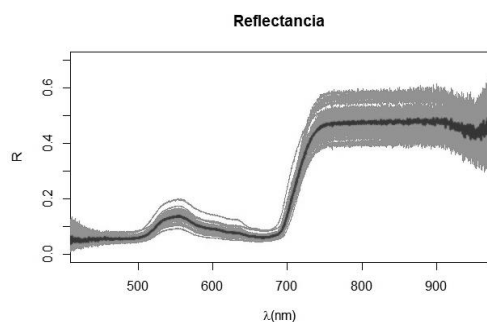


Figura 1 - Espectro, medido no último dia de amostragem (02/10), das refletâncias de tomates testemunha - saudáveis (a cinzento claro encontram-se as medições das refletâncias individuais e a cinzento escuro a medição média de refletâncias). A refletância é uma grandeza adimensional (a escala varia entre 0 e 1).

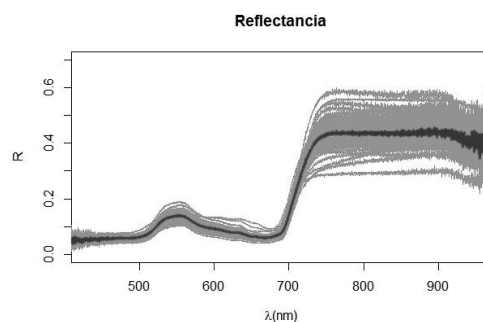


Figura 2 - Espectro, medido no último dia de amostragem (02/10), das refletâncias de tomates infestados com cochonilha-algodão (a legenda das cores está de acordo com a figura 1).

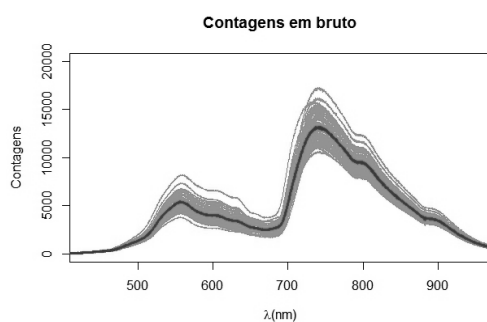


Figura 3 - Espectro, medido no último dia de amostragem (02/10), das contagens em bruto de tomates testemunha (a legenda das cores está de acordo com a figura 1).

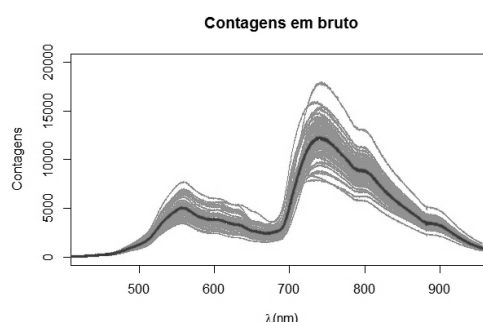


Figura 4 - Espectro, medido no último dia de amostragem (02/10), das contagens em bruto de tomates infestados (a legenda das cores está de acordo com a figura 1).

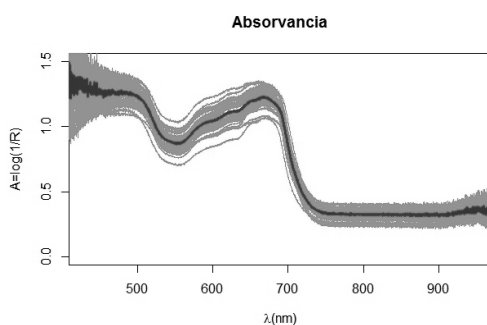


Figura 5 - Espectro, medido no último dia de amostragem (02/10), da absorvância de tomates testemunha - saudáveis (a cinzento claro encontram-se as medições das absorvâncias individuais e a cinzento escuro a medição média de absorvâncias). A absorvância é uma grandeza adimensional (a escala varia entre 0 e 2).

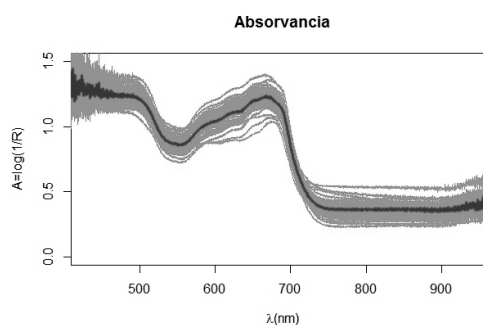


Figura 6 - Espectro, no último dia de amostragem (02/10), da absorvância de tomates infestados (a legenda das cores está de acordo com a figura 5).

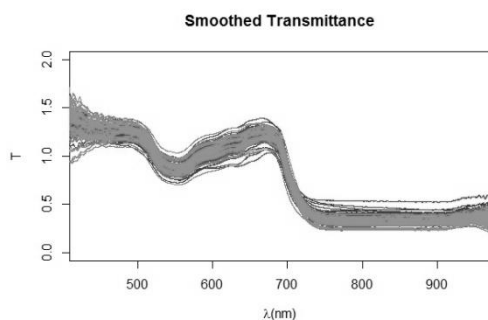


Figura 7 - Espectro, medido no último dia de amostragem (02/10), da absorvância de plantas testemunha (cinzento claro) e infestadas (cinzento escuro) com transformação por suavização (*Smoothed transmittance*).

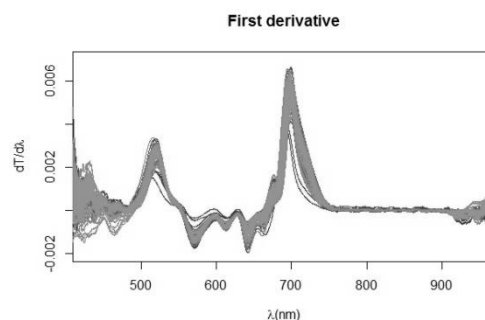


Figura 8 - Espectro, medido no último dia de amostragem (02/10), da absorvância de plantas testemunha (cinzento claro) e infestadas (cinzento escuro) com transformação por derivação (primeira derivação).

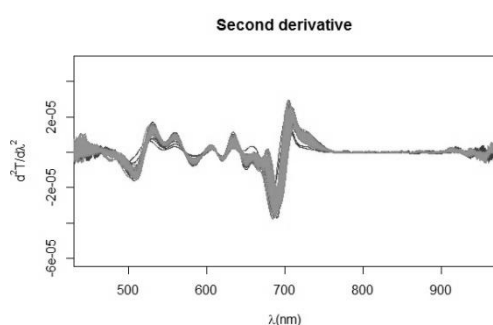


Figura 9 - Espectro, medido no último dia de amostragem (02/10), da absorvância de plantas testemunha (cinzento claro) e infestadas (cinzento escuro) com transformação por derivação (segunda derivação).

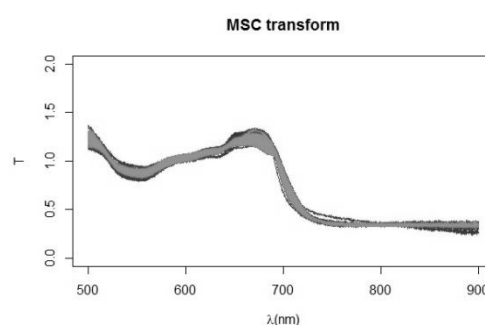


Figura 10 - Espectro, medido no último dia de amostragem (02/10), da absorvância de plantas testemunha (cinzento claro) e infestadas (cinzento escuro) com transformação por correção multiplicativa (*Multiplicative scatter correction*).

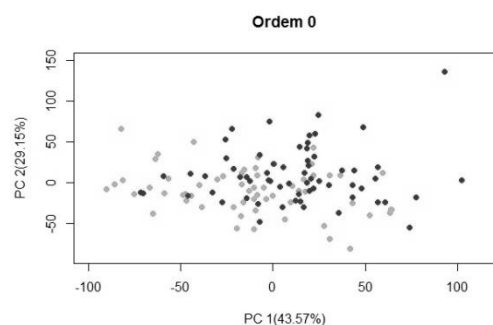


Figura 11 - Scores da análise PCA ao espectro, medido no último dia de amostragem (02/10), da absorvância de plantas testemunha (círculos cinzento claros) e infestadas (círculos cinzento escuros) com transformação por suavização. A primeira componente explica 43,57% do total da variabilidade existente nas medições enquanto que a segunda componente explica 29,15% do total da variabilidade existente nas medições.

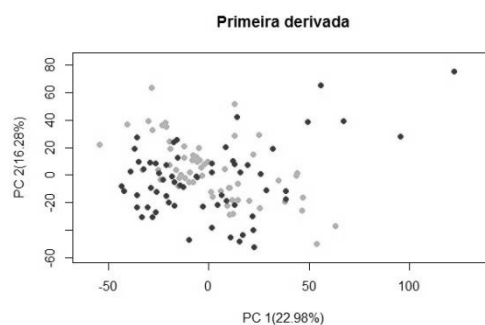


Figura 12 - Scores da análise PCA ao espectro, medido no último dia de amostragem (02/10), da absorvância de plantas testemunha (círculos cinzento claros) e infestadas (círculos cinzento escuros) com transformação por derivação (primeira derivação). A primeira componente explica 22,98% do total da variabilidade existente nas medições enquanto que a segunda componente explica 16,28% do total da variabilidade existente nas medições.

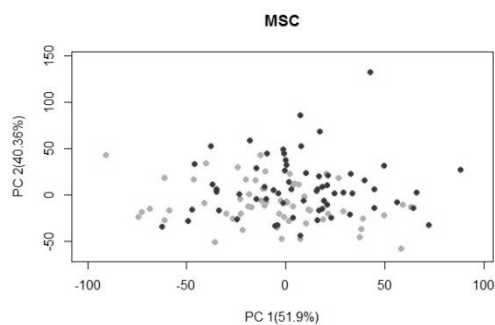


Figura 13 - Scores da análise PCA ao espectro, medido no último dia de amostragem (02/10), da absorvância de plantas testemunha (círculos cinza claros) e infestadas (círculos cinza escuros) com transformação por correção multiplicativa. A primeira componente explica 51,9% do total da variabilidade existente nas medições enquanto que a segunda componente explica 40,36% do total da variabilidade existente nas medições.

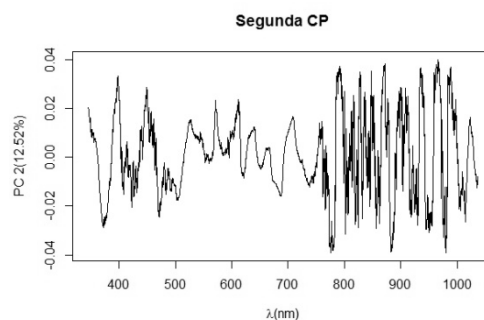


Figura 14 - Plot de *loadings* da segunda componente principal do espectro, medido no último dia de amostragem (02/10), da absorvância de plantas testemunha (círculos cinza claros) e infestadas (círculos cinza escuros) transformado por segunda derivação.

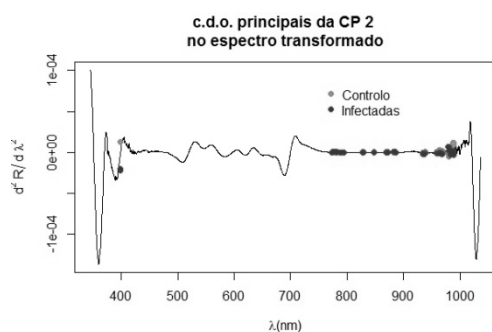


Figura 15 - Comprimentos de onda da segunda componente principal do espectro, medido no último dia de amostragem (02/10), da absorvância de plantas testemunha (círculos cinza claros) e infestadas (círculos cinza escuros) transformado por segunda derivação.